



Modulis 3

Sistemų projektavimas ir integravimas

Parengė: UMA (Malagos universitetas)



Co-funded by
the European Union

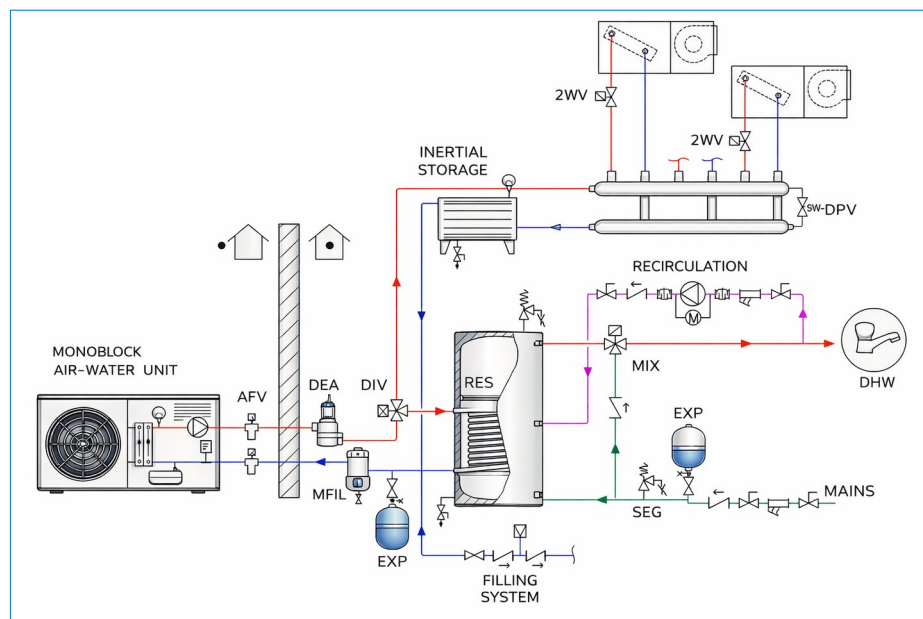


Co-funded by the European Union. Views and opinions expressed are however those of the author(s) only and do not necessarily reflect those of the European Union or CINEA. Neither the European Union nor the granting authority can be held responsible for them.



Modulio 3 apžvalga

Šis modulis nukreipia dėmesį nuo termodinaminio šilumos siurblių veikimo aiškinimo į diskusijas apie jų integravimą į realias pastatų ŠVOK sistemas. Šilumos siurblys matomas kaip komponentas, sąveikaujantis su spinduliuotuvais, kaupimu, hidraulika, valdikliais ir kitais energijos šaltiniais. Paskaitų tikslas – apibrėžti sistemos našumą, suprasti projektavimo apribojimus ir darbo procesą, kai įrenginys yra sumontuotas ir prijungtas prie visos sistemos.



Šio modulio pabaigoje suprasite schemų (žr. pav.), logiką, kurioje pavaizduotas oras-vanduo šilumos siurblys, kuris skirtas patalpų šildymui, vėsinimui ir buitinio karšto vandens paruošimui.



Co-funded by
the European Union



Module 3 contents

14 užsiėmimas	Šilumos siurblių eksploatacijos aspektai	20 užsiėmimas	Sistemų integravimo ir valdymo strategijos
15 užsiėmimas	Šilumos šaltiniai šilumos siurblių sistemoms	21 užsiėmimas	Integracija su kitais AEŠ
16 užsiėmimas	Buitinio karšto vandens gamyba naudojant HP	22 užsiėmimas	Geoterminės sistemos
17 užsiėmimas	Šilumos siurblių sistemos		
18 užsiėmimas	Reprezentatyvių sistemų schemų rinkinys		
19 užsiėmimas	Šilumos siurblių sistemų mastelis		

14 UŽSIĖMIMAS

Šilumos siurblių eksploatacijos aspektai



Co-funded by
the European Union



14 užsiėmimo tikslai

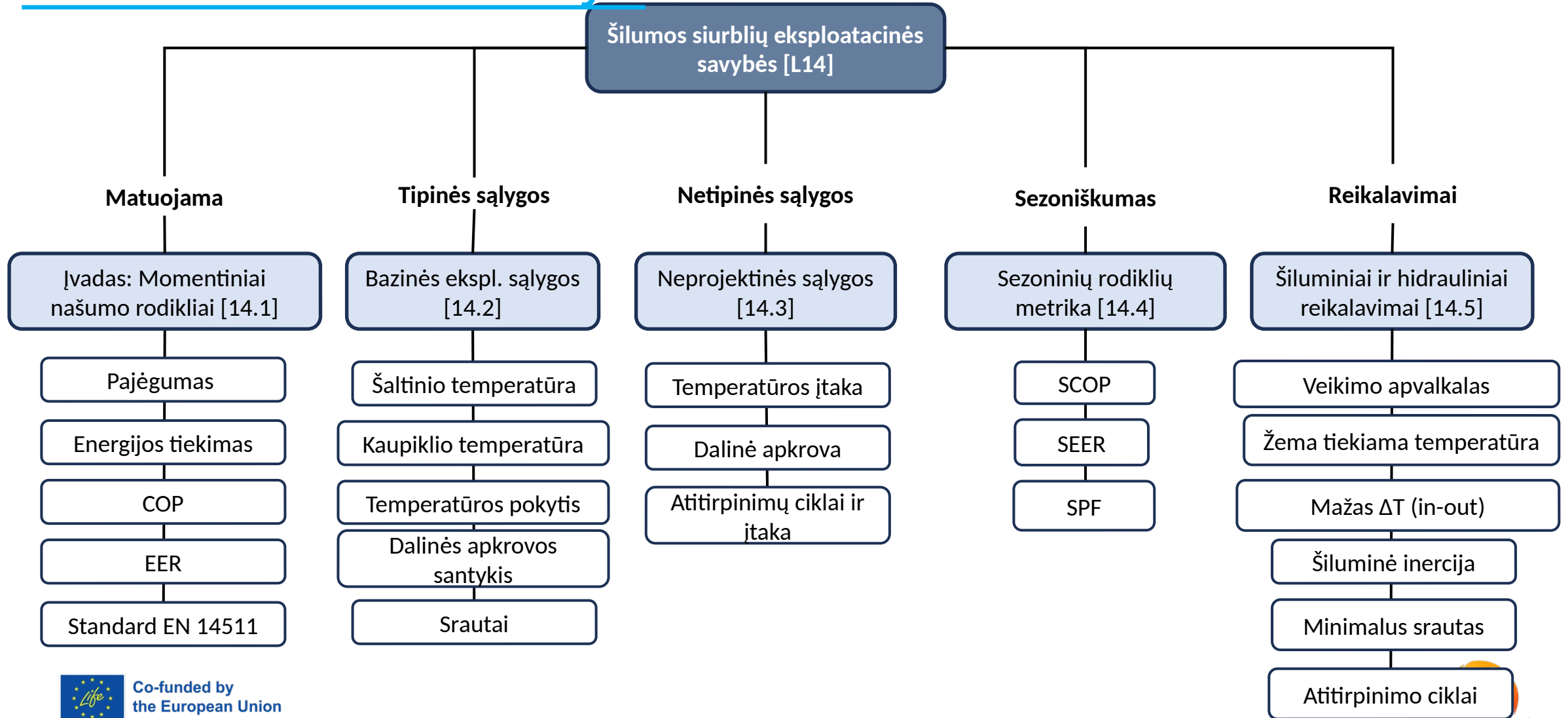
Šio užsiėmimo pabaigoje dalyviai galės:

Suprasti, kaip apibrėžiamas šilumos siurblio veikimas, įskaitant COP, EER rodiklius ir sezoninių šių rodiklių reikšmę, ir kodėl nustatytos vertės neatspindi realių eksploataavimo sąlygų.

Sužinoti, kaip lauko temperatūros, tiekiamo srauto temperatūros, apkrovos lygio ir atitirpinimo režimo pokyčiai veikia šildymo ir vėsinimo procesų galią, suprasite koks elektros energijos suvartojimas ir bendras efektyvumas.

1. Nustatyti pagrindinius šilumos siurblių sistemos projektavimo reikalavimus, tokius kaip eksploataavimo intervalas, tiekiamo srauto temperatūra, srauto greitis ir šiluminė inercija, siekiant užtikrinti stabilų veikimą ir aukštą sistemos našumą per sezoną.

14 užsiėmimo turinys



14.1 Įvadas

- Šilumos siurbiai skiriasi nuo įprastų boilerių jų efektyvumo santykiu su eksploatavimo sąlygomis.
- Boileriai generuoja šilumą degindami kurą labai aukštoje temperatūroje, todėl jų efektyvumas yra lyginant nejautrus aplinkos sąlygoms. Pavyzdžiui, labai lengva patiekti 70 ° C vandenį, kuomet liepsnos temperatūra siekia 1500 ° C
- Priešingai, šilumos siurblių darbas paremtas šilumos perdavimu iš žemos temperatūros šaltinio į aukštesnės temperatūros kaupiklį (gavėjas). Jų veikimui didelę įtaką daro darbo sąlygos: šaltinio temperatūra, kaupiklio temperatūra, apkrovos lygis, atitirpinimo ciklų poreikis ir valdymo strategija. Visi šie veiksniai tiesiogiai veikia tiek šiluminę galią, tiek elektros energijos suvartojimą.
- Todėl norint tinkamai pasirinkti ir suprojektuoti šilumos siurblio sistemą, būtina suprasti eksploatacinius aspektus.

14.1 Įvadas

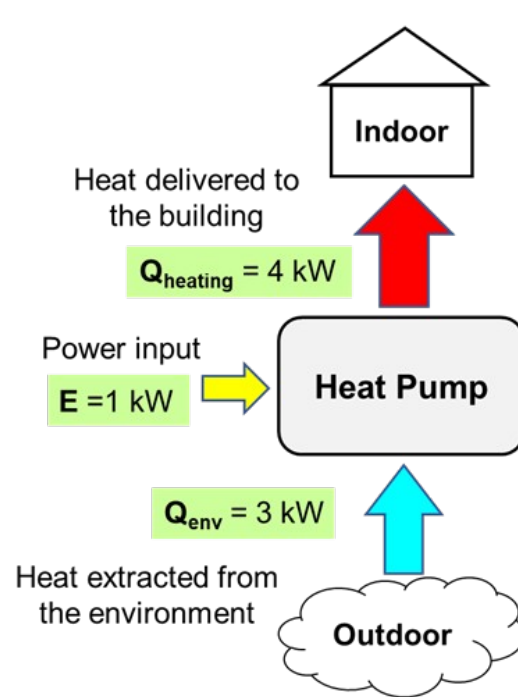
Efektyvumas (COP ir EER)

Šilumos siurblio našumas apskaičiuojamas naudingąją šiluminę galią arba galią (Q) padalijus iš naudojamos elektros energijos galios (E):

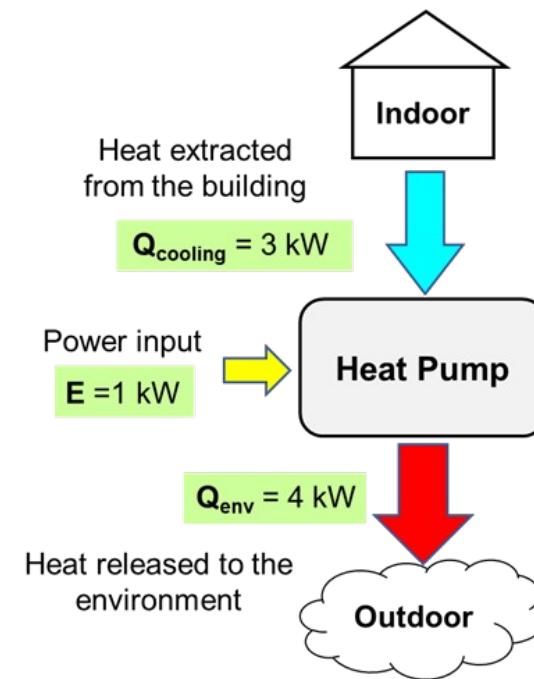
- **Šildymo režimu** našumas vadinamas **veikimo koeficientu (COP)**, šildymo galios ir elektros energijos suvartojimo santykiu
- **Aušinimo režimu** jis vadinamas **energijos vartojimo efektyvumo koeficientu (EER)**, aušinimo galios ir elektros energijos suvartojimo santykiu

Šie rodikliai rodo, kiek šilumos vienetų paduodama arba atiduodama vienam suvartotos elektros energijos vienetui. Kadangi šilumos siurbliai perduoda šilumą, o ne ją generuoja, COP ir EER vertės gali būti gerokai didesnės nei vienetas (paprastai nuo 2,5 iki 4).

COP = 3 reiškia, kad šilumos siurblys gali tiekti 3 kW šilumos kiekvienam 1 kW suvartotos elektros energijos (papildomi 2 kW išgaunami iš aplinkos, pavyzdžiui, iš lauko oro)



$$COP = \frac{Q_{heating}}{E} = 4$$



$$EER = \frac{Q_{cooling}}{E} = 3$$



Co-funded by
the European Union



14.1 Įvadas

Reglamentas EN14511 – COP ir EER vertės

COP ir EER vertės labai priklauso nuo darbinės temperatūros, srauto greičio ir apkrovos lygių. Siekiant užtikrinti skirtingų gaminių palyginamumą, Europos standartas EN 14511 apibrėžia konkrečias vertinimo sąlygas, kuriomis turi būti testuojami šilumos siurbliai. Šios standartizuotos sąlygos nurodo fiksuotas šilumos šaltinio ir kaupiklio temperatūras, taip pat srautus ir drėgmės sąlygas, jei reikia.

Šiomis sąlygomis gautas našumas, galia ir COP arba EER pateikiama gamintojų kataloguose ir tai atspindi rodiklius tipinėmis eksploataavimo sąlygomis.

Pastaba, įvertintos vertės neapibūdina eksploatacinių charakteristikų ekstremaliomis ar kintančiomis realiomis sąlygomis.

Pavyzdys: šilumos siurblių oras-oras rodikliai bazinėmis sąlygomis

Mode of operation	External heat exchanger		Internal heat exchanger	
	Dry Bulb Inlet °C	Wet Bulb Inlet °C	Dry Bulb Inlet °C	Wet Bulb Inlet °C
Heating	7	6	20	15 (max)
Cooling	35	24	27	19

Pavyzdys: šilumos siurblių oras-vanduo rodikliai bazinėmis sąlygomis

Mode of operation	External heat exchanger		Internal heat exchanger	
	Dry Bulb Inlet °C	Wet Bulb Inlet °C	Inlet Temp. °C	Outlet Temp. °C
Heating – low temperature	7	6	30	35
Heating – intermediate temperature	7	6	40	45
Heating – medium temperature	7	6	47	55
Heating – high temperature	7	6	55	65
Cooling	35	-	12	7



Co-funded by
the European Union



14.2 Darbas bazinėmis sąlygomis

Gamintojo katalogo aiškinimas

Lentelėje pateikta informacija paimta iš šilumos siurblio oras-oras komercinio katalogo. Pagal EN 14511 vertinimą (lauko oras 7°C, patalpų oras 20°C) šilumos siurblys tiekia 5,40 kW šilumos, sunaudodamas 1,31 kW elektros energijos. Gautas COP yra $5,4/1,31 = 4,12$. Apie 4,09 kW šios šilumos išgaunama iš lauko oro, o likę 1,31 kW elektros tiekiami į kompresorių.

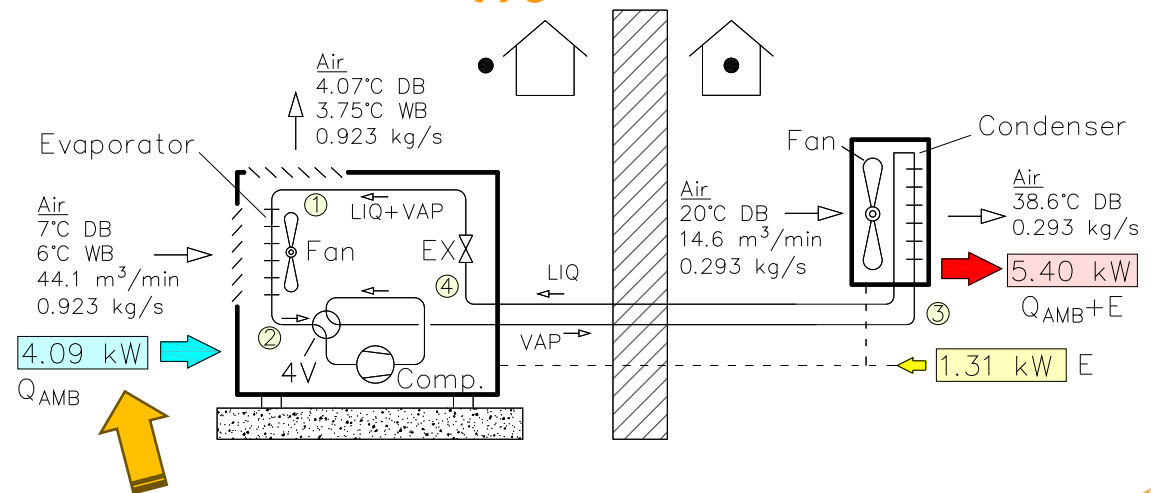
Šis pavyzdys iliustruoja (1) energijos balansą vertinimo taške ir (2) paaiškina, kad COP atspindi visos tiekiamos šilumos ir elektros energijos sąnaudų santykį esant tam tikroms darbinėms temperatūroms.

Įvertinamos sąlygų vertės leidžia teisingai palyginti tomis pačiomis sąlygomis išbandytus gaminius.

Katalogo ištrauka

Manufacturer	DAIKIN
Type of heat pump	Split air-air
Model (indoor unit + outdoor unit)	FTXA42AW + RXA42B
Refrigerant	R32
Rated heating capacity	5.40 kW
Rated power input	1.31 kW
Rated COP	4.12
Indoor unit fan flow rate	14.6 m ³ /min
Outdoor unit fan flow rate	44.1 m ³ /min

Rodikliai bazinėmis sąlygomis



Kodėl šilumos siurbliai gali pasiekti aukštą efektyvumą? Nes jie išnaudoja aplinkos šilumą

14.3 Darbas ne projektinėmis sąlygomis

- Realiai eksploatuojant šilumos siurbliai retai veikia bazinėmis sąlygomis.
- Lauko temperatūra nuolat kinta, keičiasi pastato apkrovos, todėl šilumos siurblys turi generuoti atitinkamą šiluminę galią. Dėl to šildymo ir vėsinimo galia, tiekama elektra ir sistemos efektyvumas nėra pastovūs.
- Todėl ne projektinis (bazinis) sistemos našumas vaidina lemiamą vaidmenį nustatant šilumos siurblio veikimą per ištisus metus, ir užtikrinant, kad pasirinktas įrenginys galėtų patenkinti paklausą pačiomis sudėtingiausiomis sąlygomis.
- Šildymo ir vėsinimo galia, elektros energijos suvartojimas ir dėl to gaunamas COP (šildymas) arba EER (vėsinimas) daugiausia skiriasi nuo:
 1. Šaltinio ir kaupiklio temperatūrų ir jų skirtumų
 2. Dalinės apkrovos santykio
 3. Atitirpinimo ciklų poreikio

14.3 Darbas ne projektinėmis sąlygomis

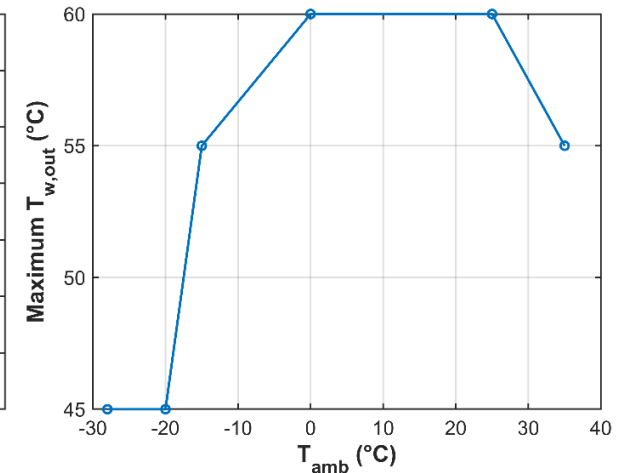
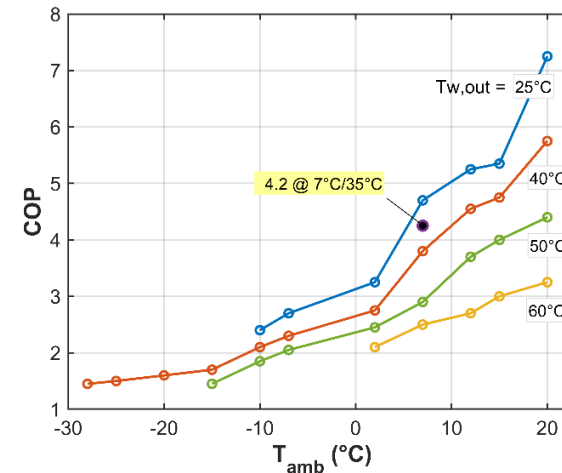
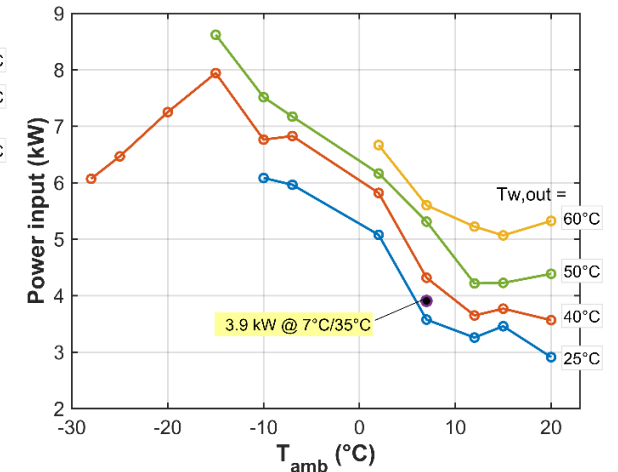
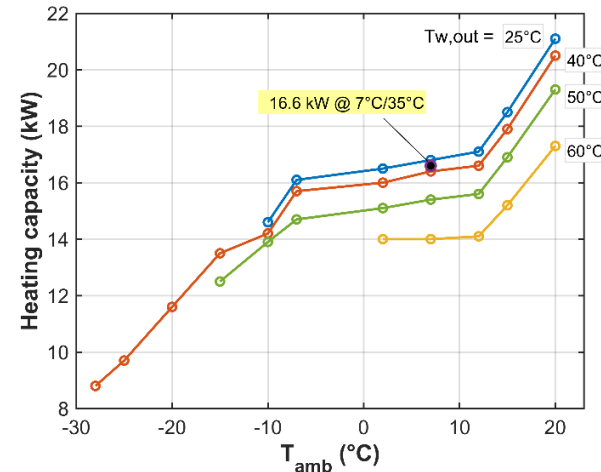
Temperatūros poveikis

Pagrindinis veiksnys, turintis įtakos našumui, yra temperatūros pakėlimas, apibrėžiamas kaip šaltnešio kondensacinių (T_{cd}) ir garavimo (T_{ev}) temperatūrų skirtumas.

Didėjant temperatūrai ($T_{cd} \uparrow$ ir (arba) $T_{ev} \downarrow$), kompresorius turi veikti esant didesniai slėgio santykiui, o tai padidina elektros energijos sąnaudas ir sumažina sistemos našumą bei efektyvumą.

Paveikslėlyje parodytas visas komercinio oro/vandens šilumos siurblio veikimo žemėlapis.

- Atkreipkite dėmesį, kad žemesnė aplinkos temperatūra ($T_{ev} \downarrow$) arba aukštesnė vandens išleidimo temperatūra ($T_{cd} \uparrow$) įtakoja: talpa $\downarrow$, elektros energijos suvartojimas $\uparrow$, COP $\downarrow$.



14.3 Darbas ne projektinėmis sąlygomis

Dalinė apkrova

Kitas svarbus ne projektinio veikimo aspektas yra dalinės apkrovos elgsena.

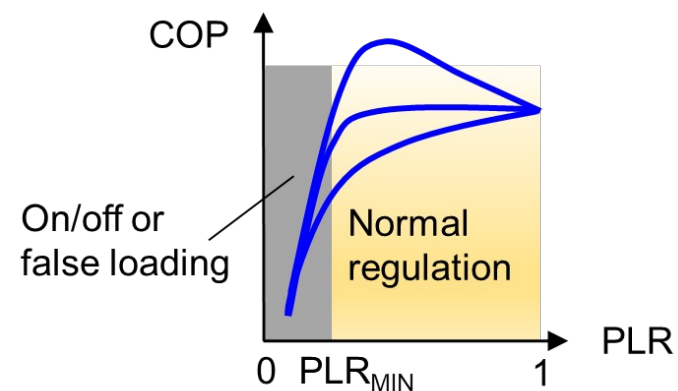
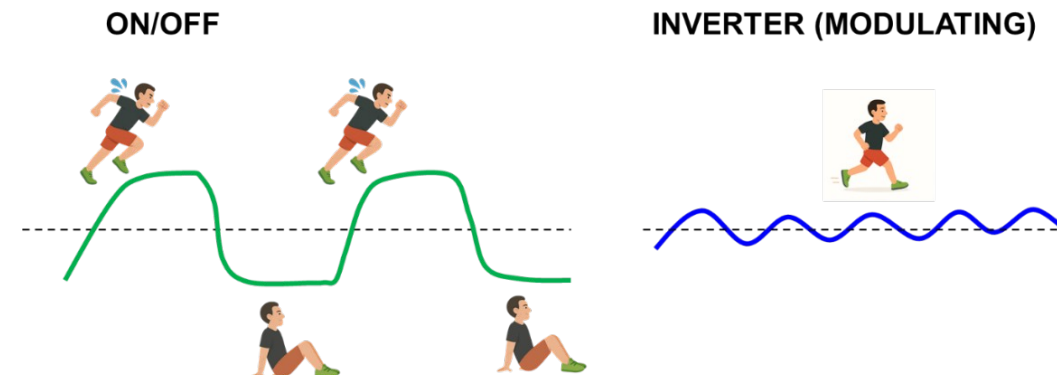
Pastatams paprastai reikalingas maksimalus šildymo ar vėsinimo pajėgumas tik esant ekstremalioms oro sąlygoms; Dažniausiai šilumos siurbliai veikia esant daliai apkrovai

Dalinės apkrovos santykis apibrėžiamas kaip faktinės apkrovos ir max šilumos siurblio galios santykis.

Jei šilumos siurblio kompresorius yra **fiksuoto apsukų tipo**, dalinės apkrovos sąlygos tenkinamos įjungiant ir išjungiant kompresorių, o tai reiškia efektyvumo nuostolius dėl dažno paleidimo/išjungimo

Inverteriniai kompresoriai priešingai, reguliuoja savo greitį pagal apkrovą, todėl galima nepertraukiamai dirbti su mažesniais nuostoliais ir apskritai didesniu efektyvumu, ypač esant vidutiniam dalinės apkrovos santykiui

- Inverteriniai kompresoriai negali sumažinti apsukų žemiau nei 30% maksimalaus nustatyto dėl alyvos cirkuliacijos (grąžinimo) problemų šaltnešio kontūre



Co-funded by
the European Union



14.3 Darbas ne projektinėmis sąlygomis

Atitirpinimo ciklo poveikis

Oro šilumos siurbliams gali prireikti atitirpinimo ciklo šildymo režimu, nes lauko šilumokaitis veikia kaip garintuvas. Kai jo paviršiaus temperatūra nukrenta žemiau aplinkos oro rasos taško, ore esanti drėgmė kondensuojasi ant konvertoriaus. Jei temperatūra nukrenta žemiau nulio, šis kondensatas virsta ledu, užblokuodamas oro kanalus ir pablogindamas šilumos perdavimą. Norėdami pašalinti šerkšną, sistema periodiškai pereina į atitirpinimo režimą. Įprastas būdas – pakeisti šaltnešio ciklą. Atitirpinimo metu naudingas šildymas laikinai sumažinamas arba nutraukiamas, naudojama papildoma energija.

- Dėl šios priežasties EN 14511 reikalauja, kad atitirpinimo operacija būtų įtraukta į eksploatacinių charakteristikų matavimus šalčio sąlygomis.

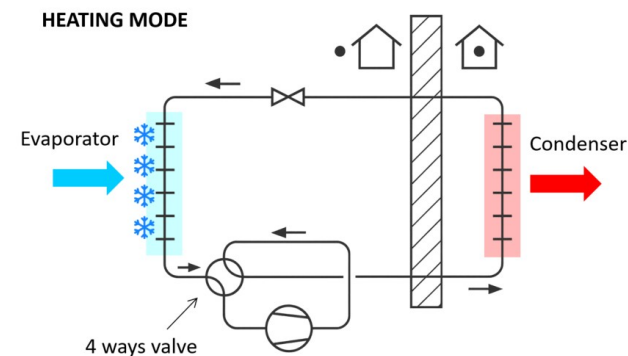


Co-funded by
the European Union

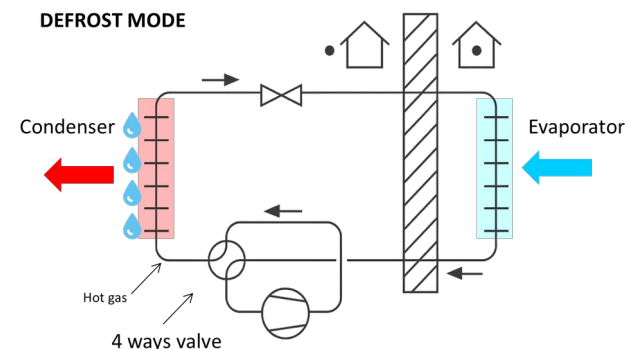


Daugiau informacijos: skaitykite 14.3.3 skyrių.

Šerkšno susidarymas lauko konvertoriuje



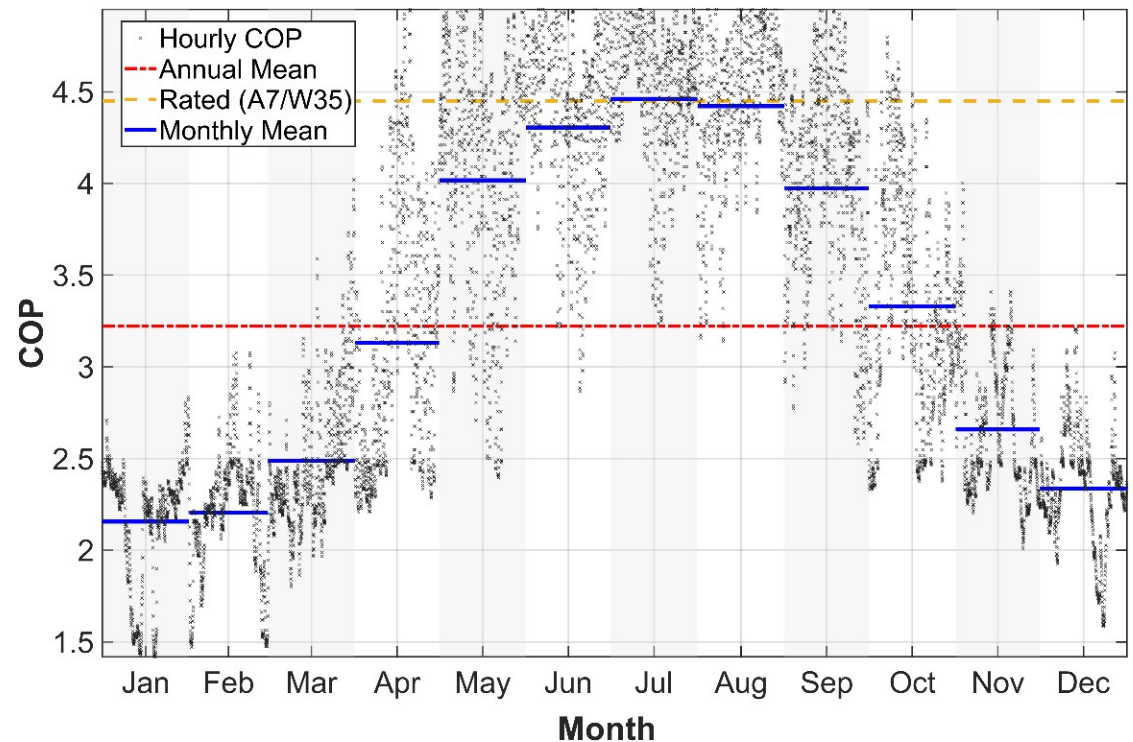
Atvirkštinis atitirpinimo ciklas lauko įrenginyje pumpuojant šilumą iš pastato į lauko konverterį



14.4 Sezoniniai našumo rodikliai

- Kadangi šilumos siurbliai veikia nuolat kintančiomis sąlygomis (temperatūra, dalinė apkrova ir galimi atitirpinimo ciklai), momentinės COP arba EER vertės neatspindi realių eksploatacinių verčių.
- Sezoninio našumo rodikliai kompensuoja tai, integruojant naudingą generuojamą energiją ir sunaudotą elektros energiją, suvartotą per ilgą laikotarpį (sezoną, metus,...)
- Sezoninis naudingumo koeficientas (SCOP) naudojamas šildymui, o sezoninis energijos vartojimo efektyvumo koeficientas (SEER) - vėsinimui.
- Šie rodikliai, apibrėžti EN 14825, atsižvelgia į dalinės apkrovos veikimą, klimato sąlygas ir papildomą elektros energijos suvartojimą. Todėl sezoninis efektyvumas leidžia realistiškiau įvertinti metinius rezultatus ir paprastai jis yra mažesnis už vardines (bazines) vertes.

COP per metus: momentinis (šiuo atveju kas valandą), mėnesinis ir metinis. Nominali (bazinė) vertė rodoma palyginimui



$$SCOP = \frac{\sum_{period} Q_{heating}}{\sum_{period} E}$$

14.5 Šiluminiai ir hidrauliniai reikalavimai šilumos siurbliams

Šilumos siurbliams taikomi specifiniai šiluminiai ir hidrauliniai eksploataciniai reikalavimai, kurių reikia laikytis, kad būtų užtikrintas efektyvumas, patikimumas ir ilgas tarnavimo laikas.

Tinkamai projektuojant sistemą turi būti atsižvelgiama į:

- Darbinio kontūro sudėtis ir specifiška,
- Vandens tiekimo ir grąžinimo temperatūra,
- Minimalus vandens srautas,
- Minimali vandens kontūro šiluminė inercija.

Jei šios sąlygos nebus įvykdytos, net ir didelio efektyvumo šilumos siurblys gali būti pažeistas įprastomis sąlygomis dėl dažno ciklo perjunginėjimo ar apsauginio išjungimėjimo.

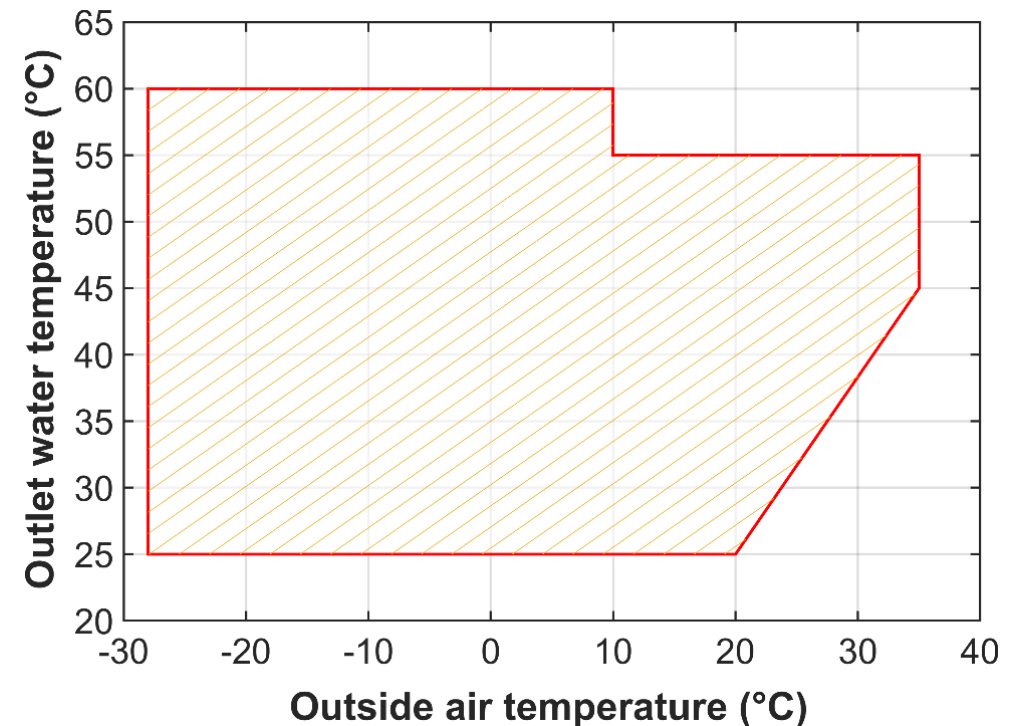
Šiame skirsnyje pristatomi pagrindiniai projektavimo apribojimai, susiję su šilumos siurblio šildymo ar vėsinimo sistema.

14.5 Šiluminiai ir hidrauliniai reikalavimai šilumos siurbliams

Darbinis kontūras

- Šilumos siurbliai gali patikimai veikti tik nurodytame veikimo kontūre, kuriame griežtai apibrėžtas leistinas šaltinio ir kaupiklio temperatūrų diapazonas. Kontūro konfigūraciją lemia kompresoriaus slėgio ribos, šaltnešio savybės ir valdymo bei saugos apribojimai.
- Darbas ne nustatytame intervale žymiai sumažina efektyvumą ir gali iššaukti avarinį sistemos išjungimą.
- Todėl kruopštus sistemos projektavimas turi užtikrinti, kad šilumos siurblys didžiąją laiko dalį dirbtų palankiose jam sąlygose ir intervaluose, kai efektyvumas yra didelis, o mechaninės apkrovos yra priimtinos.

HP darbo intervalas



14.5 Šiluminiai ir hidrauliniai reikalavimai šilumos siurbliams

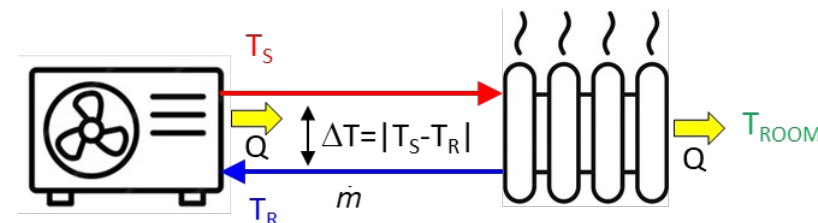
Tiekimo temperatūra ir temperatūros skirtumas

- Šildymo ar vėsinimo sistemos tiekimo temperatūra turi didelę įtaką šilumos siurblio efektyvumui.
- **Šilumos tiekimo temperatūra:** Šilumos siurblių sistemose tiekiamą temperatūrą turėtų būti kuo žemesnė, nes žemesnė temperatūra sumažina kondensacijos slėgį ir pagerina COP. Tipinės vertės yra apie 35 °C šildant grindis, 45–55 °C radiatoriams ir >50 °C buitiniam karštam vandeniui.
- **Vandens temperatūros skirtumas (ΔT):** Tipiškos projektinės ΔT vertės yra 5–10 K (pastaba: su boileriais 20K). Didesni temperatūrų skirtumai sumažina temperatūros gradientą tarp emiterių ir patalpos, todėl norint užtikrinti tą pačią šiluminę galią, reikia didelių šilumą skleidžiančių paviršių.
- **Aušinimas:** Aušinimo režimu tiekiamo vandens temperatūra turėtų būti kuo aukštesnė, kad būtų pagerintas EER taupant kompresoriaus darbą. Tipinė tiekimo temperatūra svyruoja nuo 7 iki 18 °C, o $\Delta T \approx 4\text{--}6$ K, priklausomai nuo vartotojo paklausos, patalpų komforto reikalavimų ir vandens kondensacijos rizikos

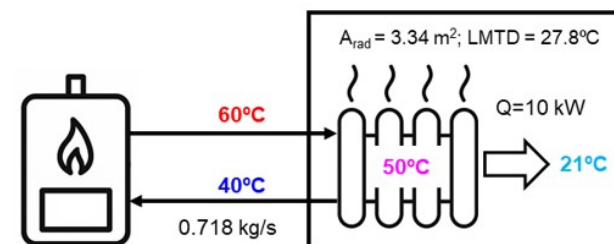
Co-funded by
the European Union



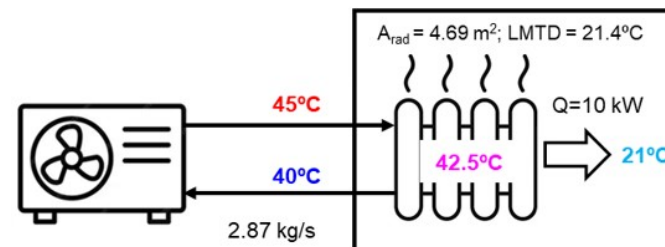
Tiekimo ir grįžtamoji temperatūra ir ΔT šilumos siurblio vandens kontūre



Tipiški kondensacinių katilų sistemos lygiai:



Tipiniai šilumos siurblio sistemos lygiai:



14.5 Šiluminiai ir hidrauliniai reikalavimai šilumos siurbliams

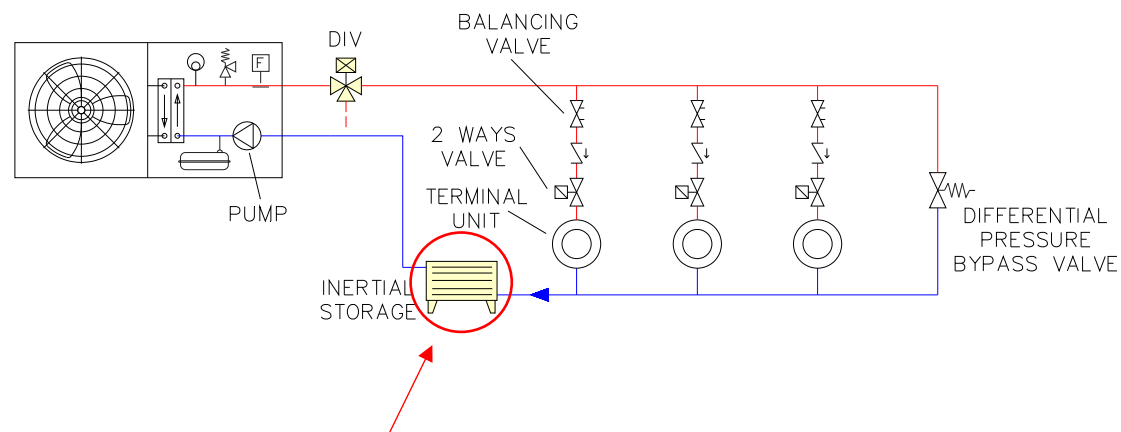
Minimalus ir nominalus srautas, šiluminė inercija

- Tinkamas vandens srautas per šilumokaitį yra būtinas saugiam ir efektyviam darbui. Kiekvienas įrenginys turi **minimalų leistiną srautą**, žemiau kurio šilumos perdavimas tampa nepakankamas, todėl gali būti pažeistas kompresorius. Šis reikalavimas yra labai svarbus hidrauliniame vandens kontūro projektavimui (plačiau, 17 užsiėmimas)
- Vandens kontūre turi būti sukaupta pakankama šiluminė inercija, kad būtų išvengta dažno junginėjimo (greito kompresoriaus įjungimo/išjungimo), ypač dirbant dalinės apkrovos režimu. Šiluminę inerciją gali užtikrinti pats sistemos vandens tūris arba sumontuota akumuliacinė (buferinė) talpa. Šilumos siurblio gamintojas visada nurodo minimalų vandens tūrį, kurio šilumos siurblys turi turėti galimybę naudotis eksploatacijos metu. Orientacinės vertės – 2,5–3,5 litro/kWt.

Orientacinis minimalus vandens srautas per šilumos siurbį

Heat pump nominal power (kW)	3 – 4	5 – 6	7 – 8	9 – 10	11 – 12	14 – 16	18 – 25
Minimum flow rate as a percentage of the nominal flow rate	80 %	70%	60%	55%	50%	45%	40%

Vandens paskirstymo kontūro pavyzdys



Mažas vandens rezervuaras (pavyzdžiui, 30 litrų 10 kW šilumos siurbliui), užtikrinantis minimalią šiluminę inerciją; daugiau informacijos 17 pamokoje

15 UŽSIĖMIMAS

Šilumos šaltiniai šilumos siurblių sistemoms



Co-funded by
the European Union

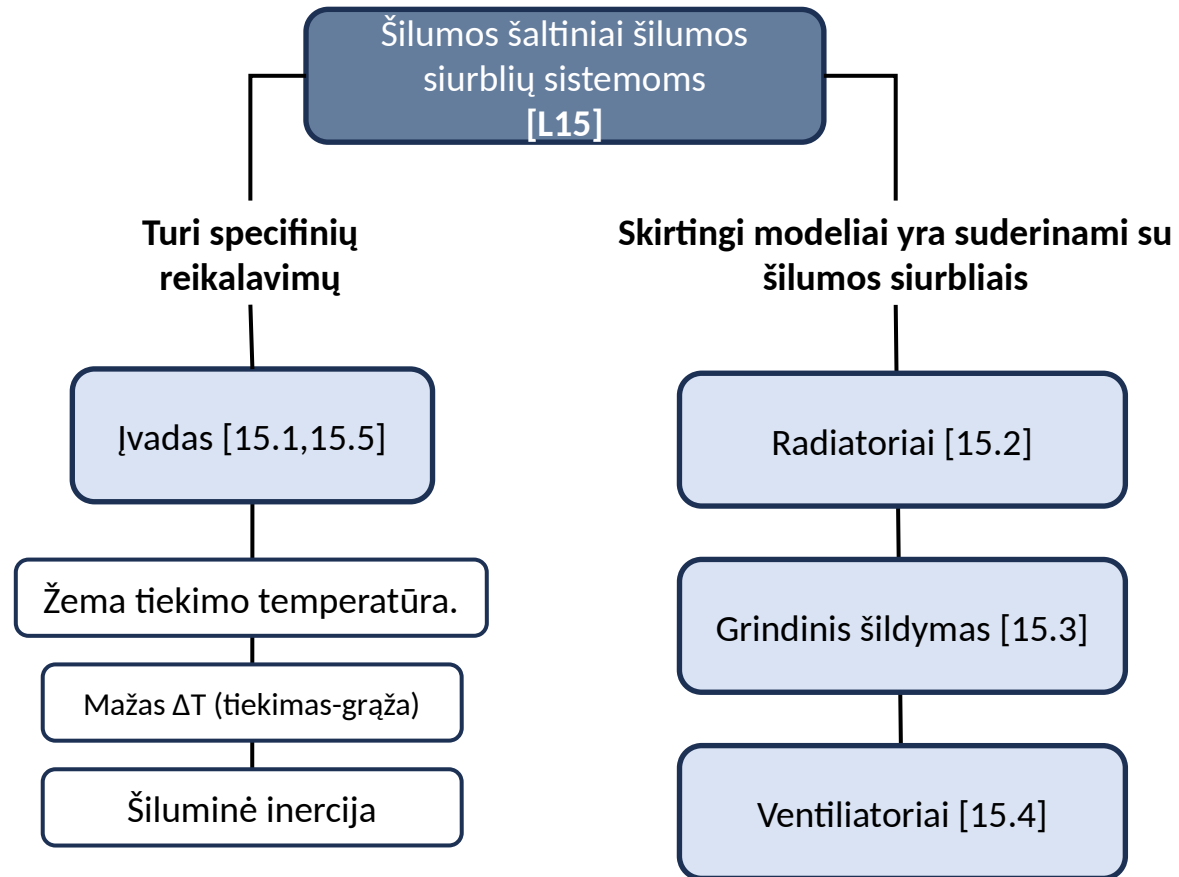


15 užsiėmimo tikslai

Po šio užsiėmimo dalyviai galės:

1. Suprasti šilumos atidavimo/perdavimo įrenginių vaidmenį hidraulinių šilumos siurblių sistemų darbui ir kaip jų darbinė temperatūra veikia bendrą sistemos efektyvumą.
2. Gebės palyginti radiatorius, grindinį šildymą ir ventiliatorinius įrenginius pagal šilumos perdavimo efektyvumą, šiluminę inerciją ir tinkamumą žemos temperatūros šilumos siurblio sistemoms.
3. Analizuoti esamų aukštos temperatūros sistemų modernizavimo (pritaikymo šilumos siurbliams) klausimus, atsižvelgiant į generuojamą šilumos galią, vandens srautus ir galimus sistemos projektavimo sprendinius.

15 užsiėmimo turinys



Co-funded by
the European Union



15.1 Įvadas

- Šilumos skleidėjai (emiteriai), t.y. galiniai įrenginiai proceso kontūre atiduodantys šilumą vartotojui, yra hidraulinės šildymo ar vėsinimo sistemos komponentai, perduodantys šiluminę energiją iš šilumos siurblio vandens kontūro į kondicionuojamas patalpas.
- Jų pasirinkimas, tai visų pirma labai svarbus projektinis sprendimas, nes šilumos siurbliai efektyviausiai veikia esant santykinai žemai tiekimo temperatūrai (<50°C)
- Todėl naudojamo šilumos skleidėjo tipas turi tiesioginę įtaką bendram sistemos veikimui, sezoniniam sistemos efektyvumui ir vartotojo komfortui.
- Modernizavimo projektuose šilumos skleidėjai tampa kritiniu veiksnio, nes suprojektuotos darbai su aukštos temperatūros boileriais sistemos, eksploatuojantys su šilumos siurbliu paprastai turi veikti žemesnėmis temperatūromis. Todėl esamų šilumos skleidėjų suderinamumo įvertinimas yra būtinas techniniam ir ekonominiam projekto įgyvendinamumui

Šiame užsiėmime pagrindinis dėmesys skiriamas dažniausiai šilumos siurblių sistemose naudojamiems šilumos skleidėjams, analizuojamas jų tinkamumas/pritaikomumas tiek naujiems įrenginiams/ sistemoms, tiek modernizavimo projektams.

15.2 Radiatoriai

Apibrėžimas

Radiatoriai yra hidro-šilumos skleidėjai, kuriuose šiltas/karštas vanduo cirkuliuoja per jų metalinį korpusą, ir taip perduodama šiluma vartotojo patalpai konvekcijos ir šiluminės spinduliuotės būdu.

Gyvenamuosiuose pastatuose konvekcija paprastai sudaro didžiausią šilumos perdavimo dalį.

Radiatorių efektyvumas priklauso nuo medžiagos ir konstrukcijos. Ketaus radiatoriai pasižymi didele šilumine inercija ir lėta reakcija, plieniniai plokšteliniai radiatoriai turi vidutinę inerciją ir yra plačiai naudojami, o aliumininiai radiatoriai pasižymi maža šilumine inercija ir greita dinamika.

- Radiatoriai įprastai lyginami prie temperatūrų skirtumo $\Delta T = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$, kuris atitinka aukštas tiekiamo vandens temperatūras, būdingas boilerinėms sistemoms (ΔT yra skirtumas tarp vidutinės radiatoriaus temperatūros ir patalpos temperatūros).

Aliuminis radiatorius (kairėje), plieninis radiatorius (centre), ketaus radiatorius (dešinėje)



15.2 Radiatoriai

Šilumos atidavimas

- Radiatoriaus atiduodama šiluminė galia priklauso nuo suminio šilumos perdavimo koeficiento, šilumą atiduodančio paviršiaus ploto ir temperatūrų skirtumo tarp radiatoriaus ir patalpos. Tipiniai suminiai šilumos perdavimo koeficientai yra nuo 10 iki 15 W/m²K (konvekcija + spinduliuotė).
- Gamintojai paprastai pateikia šilumos galią vienam radiatoriaus elementui esant skirtingoms ΔT reikšmėms. Pavyzdžiui, pavaizduotame modelyje vienas radiatoriaus elementas išskiria 63,7 W esant $\Delta T = 30\text{ }^{\circ}\text{C}$. Norint padengti 900 W didžiausią šildymo apkrovą, reikėtų iš viso 15 elementų.
- Formulė su laipsnio rodikliu (n), kuris paprastai yra tarp 1,25 ir 1,35, leidžia įvertinti radiatoriaus šilumos galią esant skirtingoms ten

$$Q = Q_{nom} \left(\frac{\Delta T}{\Delta T_{nom}} \right)^n$$

Radiatorių dydžių lentelės pavyzdys

Model	Heat emission					
	$\Delta T\ 20$	$\Delta T\ 30$	$\Delta T\ 40$	$\Delta T\ 50$	$\Delta T\ 60$	$\Delta T\ 70$
	W/elem.	W/elem.	W/elem.	W/elem.	W/elem.	W/elem.
350/100	28,6	48,0	69,4	92,4	116,8	142,3
500/100	37,6	63,7	92,7	124,0	157,2	192,1
600/100	43,5	73,8	107,3	143,5	181,9	222,3
700/100	48,3	82,6	120,9	162,5	206,8	253,6
800/100	52,7	90,3	132,4	178,2	227,1	278,8

Model	Code	Width	Height	Axis-axis	Length	Connection diameter	Water content	Exponent	Coefficient
		(C) mm	(B) mm	(A) mm	(D) mm	inches	liter/elem.	n	Km
350/100	VC05xx014	97	407	350	80	G1	0,24	1,2818	0,613
500/100	VC05xx034	97	557	500	80	G1	0,27	1,3027	0,758
600/100	VC05xx044	97	657	600	80	G1	0,29	1,3015	0,882
700/100	VC05xx054	97	757	700	80	G1	0,35	1,3238	0,915
800/100	VC05xx064	97	857	800	80	G1	0,38	1,3301	0,979

15.2 Radiatoriai

Radiatoriai renovacijos projektuose

- Renovacijos projektuose radiatoriai, suprojektuoti tik boilerių sistemoms, dažnai veikia žemesnėje temperatūroje, kai jie prijungti prie šilumos siurblio

Pavyzdys:

Originali sistema

Šilumos generatorius: dujinis katilas

Tiekimo/grąžinimo temperatūra: 70°C/50°C ($\Delta T_{\text{vanduo}} = 20^\circ\text{C}$)

Kambario temperatūra = 20°C

Radiatorius – kambario temperatūros skirtumas

$(\Delta T) = (70+50)/2 - 20 = 40^\circ\text{C}$

Šilumos emisija = **800 W**

Vandens srautas = $Q / (c_p \cdot [\Delta T]_{\text{water}}) = 0.57 \text{ litro/min}$

Renovuota sistema

Šilumos generatorius: šilumos siurblys

Tiekimo/grąžinimo temperatūra: 50°C/40°C ($\Delta T_{\text{vanduo}} = 10^\circ\text{C}$)

Kambario temperatūra = 20°C

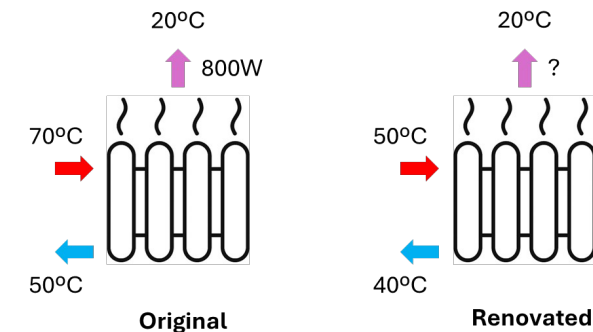
Radiatorius – kambario temperatūros skirtumas

$(\Delta T) = (50+40)/2 - 20 = 25^\circ\text{C}$

Šilumos emisija. Darant prielaidą, kad $n = 1,3$ ir taikant minėtą formulę

$$Q = 800 \left(\frac{\Delta T}{40} \right)^{1.3} = \left(\frac{25}{40} \right)^{1.3} = \mathbf{434.24W}$$

Vandens srautas = 0,62 l/min naujiems Q ir ΔT vandens



- Esami instaliuoti radiatoriai gali būti toliau naudojami, jei jie yra per dideli, jei pastato šilumos poreikis sumažinamas dėl izoliacijos ir langų atnaujinimo arba jei įrengiami papildomi šilumos skleidėjai, pavyzdžiui ventiliatoriai

15.3 Grindinis šildymas

Grindinis šildymas yra radiacinis šilumos skleidėjas, kuriame šiltas vanduo cirkuliuoja plastikiniais vamzdziais, įmontuotais į patalpų grindis, ir taip perduoda šilumą per didelį paviršiaus plotą.

Todėl grindinis šildymas gali užtikrinti tinkamą patalpų šildymą esant žemai tiekiamo vandens temperatūrai, paprastai nuo 30 °C iki 45 °C. Maksimalūs šilumos srautai paprastai svyruoja nuo 50 iki 70 W/m², to pakanka daugumai gerai izoliuotų pastatų.

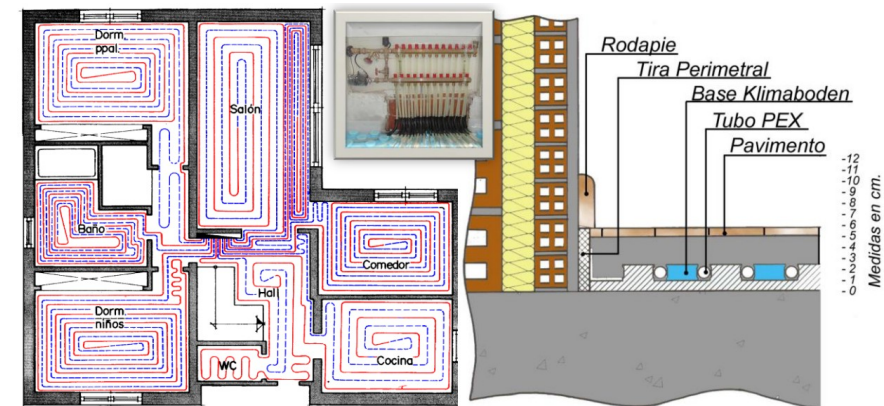
Grindų paviršiaus temperatūra paprastai ribojama iki maždaug 29 °C, kad būtų patogiu ir saugu.

- Grindinio šildymo sistemos pasižymi didele šilumine talpa ir lėtu reakcijos laiku, dažnai viršijančiu vieną valandą, tačiau užtikrina labai stabilią patalpų temperatūrą ir yra labai suderinamos su šilumos siurblio veikimu.

Grindų vamzdynų pavyzdys



Kontūro paskirstymo namuose pavyzdys



15.4 Ventilatoriai

Ventilatoriai – hidrauliniai šilumos skleidėjai, kurie naudoja priverstinę oro konvekciją šilumai perduoti iš vandens kontūro į patalpas.

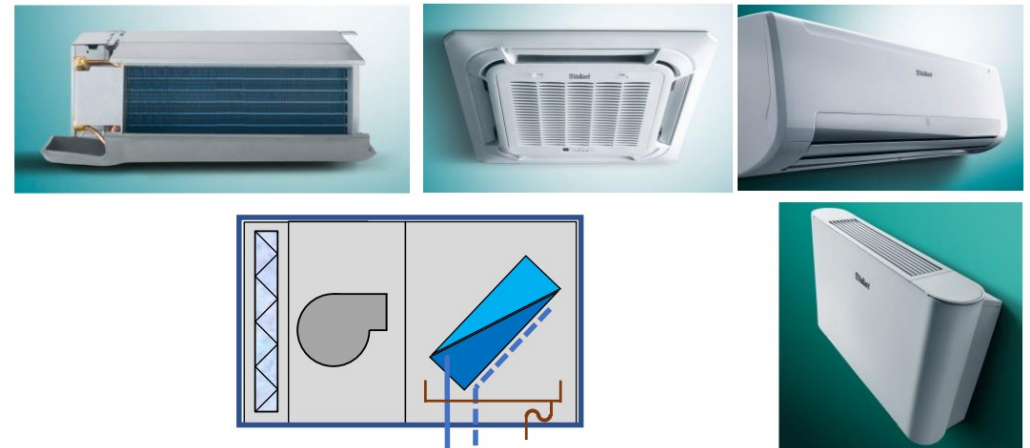
Jų kompozicija apima šilumokaitį ir kartu integruotą ventiliatosių, kuris aktyviai judina orą patalpose.

Šildymo režimu šiuolaikiniai ventilatoriai gali efektyviai veikti esant 45–50 °C vandens temperatūrai, todėl tinka šilumos siurblių sistemoms.

- Aušinimo režimu šiuolaikiniai ventilatoriai paprastai eksploatuojami naudojant ~ iki 7–12 °C vandenį, užtikrinant tenkinamą patalpų vėsinimą bei oro drėgmės pašalinimą kondensacijos būdu.

Ši dviguba funkcija daro ventilatorius ypač naudingus tose sistemose, kurių reikia šildymui ir vėsinimui visus metus.

Skirtingi fankoilų modeliai (šaltinis: ATECYR)



15.5 Temperatūros lygiai

Šilumos siurblių sistemos veikia žymiai žemesnėje temperatūroje nei tradicinės sistemos su boileriais.

Šilumos siurbliams pritaikyti radiatoriai paprastai naudoja maždaug 55 °C/45 °C tiekimo ir grąžinimo temperatūras, o ventiliatoriai šildymo režimu veikia ~ 45 °C/40 °C. Grindų šildymo sistemos paprastai veikia 30 °C/25 °C temperatūros režiuose.

Vėsinant: grindų sistemos paprastai veikia arti 15 °C/20 °C, o ventiliatoriams reikia šaltesnio vandens, paprastai nuo 7 °C iki 12 °C, kad būtų užtikrintas efektyvus aušinimas ir oro sausinimas.

Taikymas	TRADICINIS	PRITAIKYTAS ŠILUMOS
	Tiekimas / grąžinimas (°C)	SIURBLYS Tiekimas/grąžinimas (°C)
Buitinis karštas vanduo (pirminis kontūras)	80/60	60/50(*)
Radiatoriai	60/40	55/45
Ventiliatoriai	50/40	45/40
Grindų sistemos (šildymas)	35/30	30/25
Grindų sistemos (šaldymas)	14/18	15/20
Šaldymas	7/12	10/15
(*) gali būti sumažinta namų ūkiuose		

Geriausias
variantas
derinti su
šilumos
siurbliu
(šildymui)



Co-funded by
the European Union



16 UŽSIĖMIMAS

Buitinio karšto vandens gamyba naudojant
šilumos siurblius



Co-funded by
the European Union



16 užsiėmimo tikslai

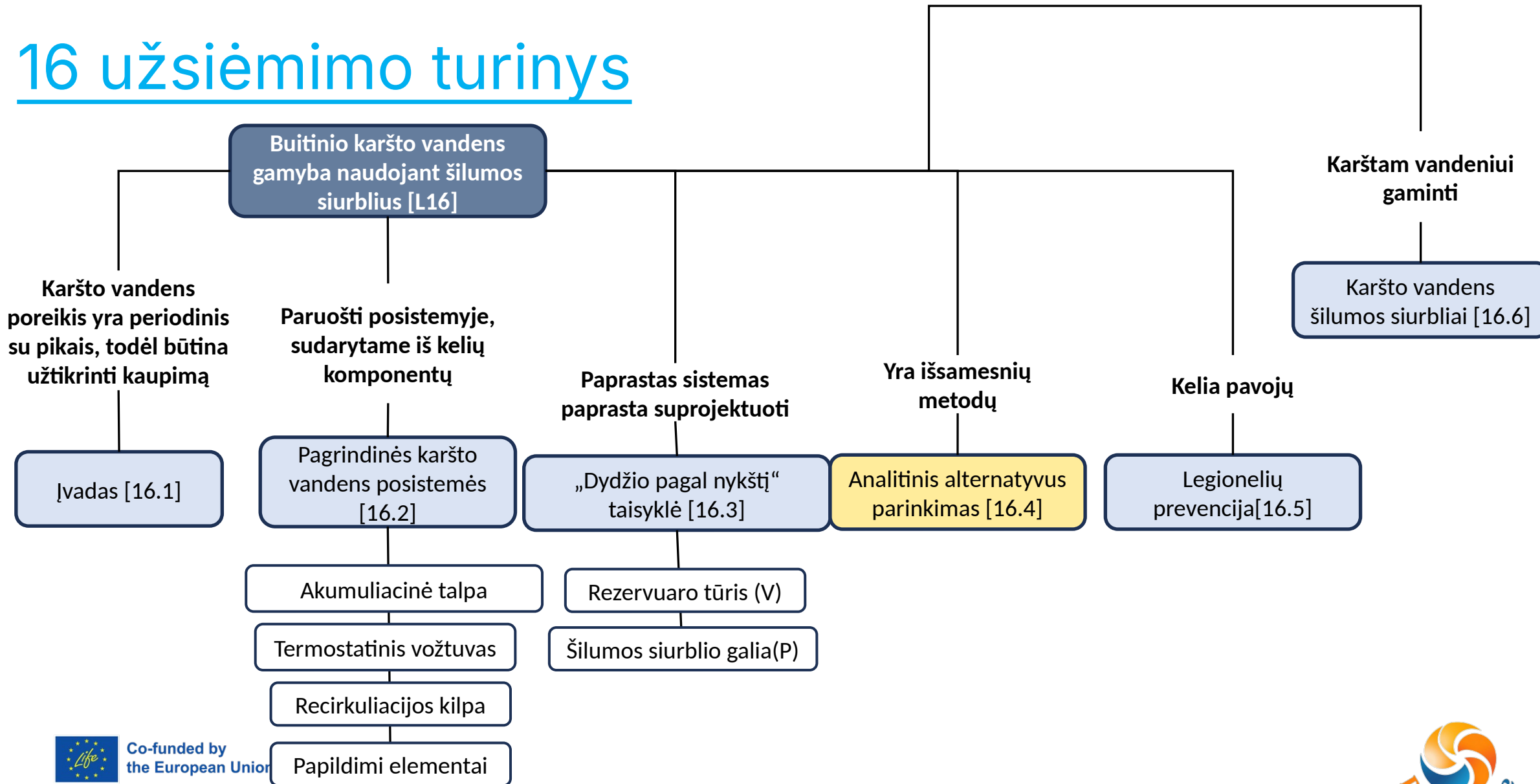
Šio užsiėmimo pabaigoje dalyviai galės:

Suprasti karšto vandens paruošimo panaudojant šilumos siurblius iššūkius, ypač kalbant apie momentinio karšto vandens pateikimą ir ribotos šilumos siurblių šiluminės galios ir reakcijos laiko neatitikimą.

Nustatyti ir apibūdinti pagrindinius karšto vandens posistemų komponentus šilumos siurblių įrenginiuose: akumuliacines talpyklas, šilumokaičius, maišymo vožtuvus, recirkuliacijos kontūrus ir pagalbinius šildytuvus, atkreipiant dėmesį į temperatūros potencialą ir higienos reikalavimus.

1. Taikyti praktikoje patikrintus principus ir pagrindinius analitinius metodus nustatant tinkamus buitinio karšto vandens saugojimo talpų tūrius ir šilumos siurblio galią, atsižvelgiant į vartotojų poreikio diagramas, atsistatymo laiką, energijos vartojimo efektyvumą ir legionelių prevencijos rekomendacijas.

16 užsiėmimo turinys



16.1 Įvadas

Buitinis karštas vanduo (DHW) tiekiamas sanitarinėms reikmėms, tokioms kaip dušai, kriauklės ir kt. būtiniai prietaisai.

Gyvenamuosiuose pastatuose tiekiamo karšto vandens temperatūra paprastai svyruoja nuo 40 °C iki 45 °C, tuo tarpu ruošimo metu reikalinga aukštesnė temperatūra, užtikrinant sanitarinę higieną ir pakankamą rezervą.

- Šilumos siurblių sistemose DHW ruošimas kelia specifinių iššūkių, nes karšto vandens poreikis yra labai nepastovus ir pareikalaujamas trumpais laikotarpiais, tuo tarpu šilumos siurbLIAI tiekia santykinai mažą ir pastovią šilumą. Dėl šios priežasties karšto vandens sistemos, naudojančios šilumos siurblius, visada naudoja šiluminius saugojimo rezervuarus, kurie veikia kaip energijos šilumos talpyklos tarp karšto vandens gamybos ir vartojimo dalyvių.

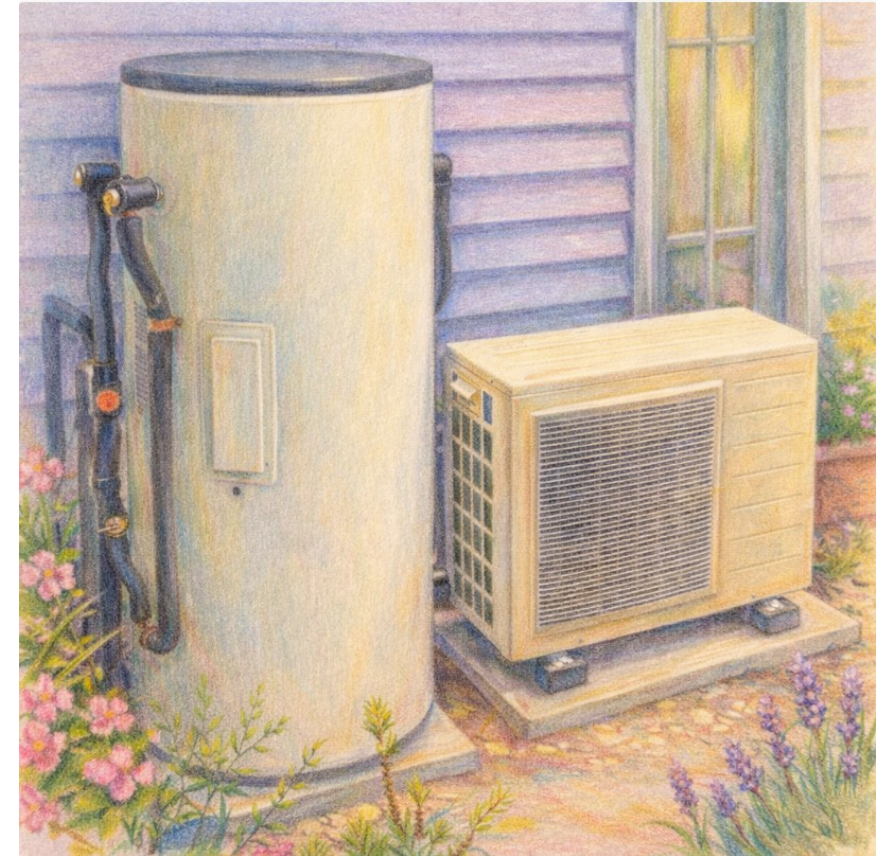
16.1 Įvadas

Buitinis šilumos siurblys paprastai užtikrina 5–10 kW šiluminę galią

Vienam dušui reikalinga daug didesnė momentinė šildymo galia. Pavyzdžiui, dušas, tiekiantis 12 L/min karšto vandens esant 45 °C iš 10 °C šalto vandens, reikalauja maždaug 30 kW šilumos galios. Per 5 minutes duše bendras energijos poreikis yra apie 2,44 kWh.

Kadangi šilumos siurblys negali tiekti tokios energijos akimirksniu, energiją reikia kaupti iš anksto.

- Vienos šeimos namų talpyklos paprastai svyruoja nuo 180 iki 250 l, todėl galima kelis kartus iš eilės nusiprausti, o šilumos siurblys palaipsniui tiekia pašildytą vandenį į rezervuarą.



Šilumos siurblys oras/vanduo su karšto vandens rezervuaru

16.2 Pagrindinės karšto vandens posistemės

Šilumos siurblio buitinio karšto vandens posistemę sudaro keli pagrindiniai komponentai.

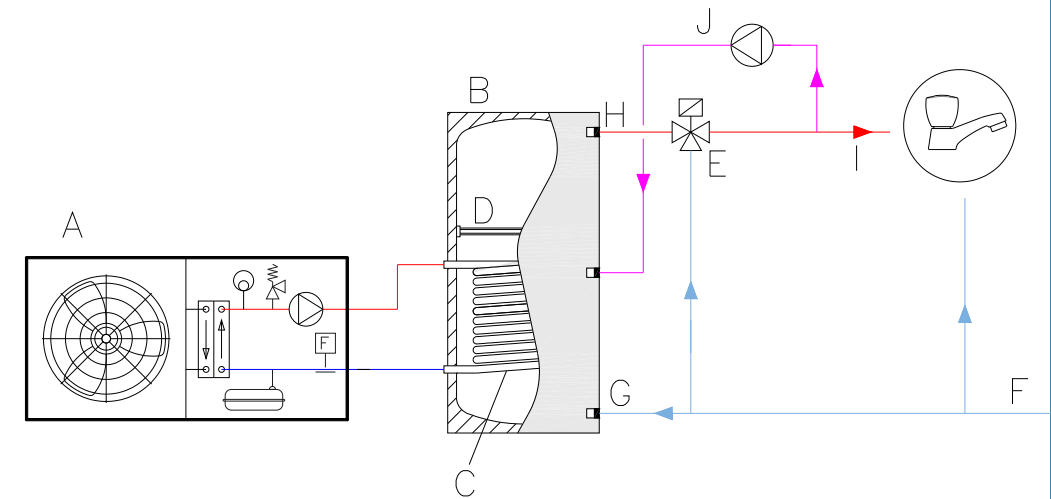
Šilumos siurblys (A) perduoda šiluminę energiją į akumuliacinę talpą per vidinį arba išorinį šilumokaitį (C), įprastai per šilumokaitį, panardintą į rezervuarą.

Akumuliacinis rezervuaras palaiko karštą vandenį nustatytoje temperatūroje ~50–55 °C ir yra suprojektuota taip, kad skatintų šiluminę stratifikaciją: karštas vanduo kaupiasi viršuje, o šaltesnis vanduo lieka apačioje.

Pagalbinis elektrinės varžos (D) šildytuvas dažnai yra integruotas, kad patenkintų didžiausią poreikį arba pakeltų vandens temperatūrą virš 60 °C, kad būtų užtikrinta sanitarinė dezinfekcija.

Termostatinis maišymo vožtuvas (E) pasroviui nuo talpos maišo karštą (H) ir šaltą vandenį (F, tinklas), kad tiekėtų saugios temperatūros vandenį čiaupams ir dušams (I)

- Re-cirkuliacijos kontūre (J) naudojamas pagalbinis siurblys, kuris pumpuoja karštą vandenį per paskirstymo tinklą nepriklausomai nuo vartotojo poreikio, užtikrinant, kad vanduo visada būtų šildytas ir nedelsiant prieinamas kiekvienoje išleidimo angroje.



Tipiškas buitinio karšto vandens kontūras su oras/vanduo šilumos siurbliu

16.3 „Dydžio pagal nykštį“ taisyklė

Rezervuaro tūris (V)

Buitinio karšto vandens tapla veikia kaip energijos saugykla, o jos tūris turi būti suderintas su namų ūkio poreikiu.

Bendra Europos taisyklė: vienam asmeniui tiekti nuo 35 iki 45 l vandens maždaug 55 °C temperatūros.

Mažam namų ūkiui, kuriame yra nuo vieno iki dviejų žmonių, dažnai pakanka 100–150 l bako.

Vidutiniams namų ūkiams, kuriuose gyvena trys ar keturi gyventojai, paprastai reikia 180–200 l, kurie gali aprūpinti karštu vandeniu du ar tris iš eilės 5 minučių dušus 12 l/min. greičiu.

- Dideli namų ūkiai, kuriuose gyvena penki ar daugiau gyventojų, dažnai naudoja 250–300 l talpos rezervuarus.

Šilumos siurblių sistemoms paprastai reikia šiek tiek didesnių rezervuarų nei boilerinėms katilinėms dėl mažesnės krovimo galios (ps. 50 litrų papildomai šilumos siurbliams)



Skirtingų dydžių rezervuarai



Co-funded by
the European Union

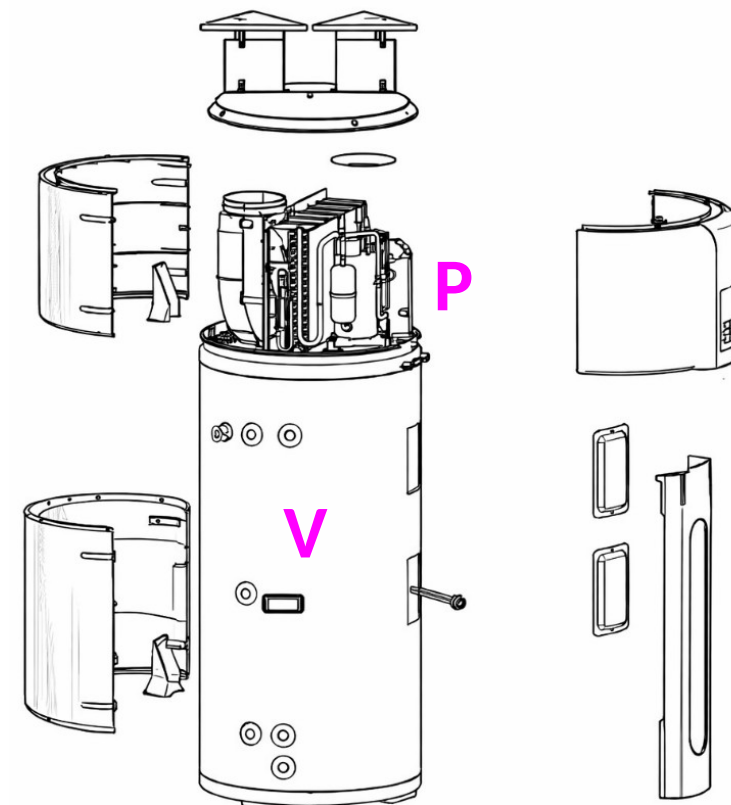


16.3 Ryšys tarp rezervuaro tūrio ir šilumos siurblio galios

Šilumos siurblio galia (P)

- Santykis tarp saugojimo rezervuaro tūrio ir šilumos siurblio galios priklauso nuo norimo atstatymo laiko, t.y. laika, reikalingas vandens talpai pašildyti po visiško jo iškrovimo.
- Esant įprastiniam temperatūros padidėjimui 40 K, praktiškai patvirtinta taisyklė yra ta, kad kiekvienam šilumos siurblio kW reikalinga maždaug 22 L akumuliacinės talpos vienai valandai atstatymui. Pvz, sistema, suprojektuota 2 valandų atstatymui, reikalauja apie 40–45 L/kW, o lėtesnis 4 valandų atstatymas gali reikalauti daugiau nei 80 L/kW. Ilgesni atstatymo laikai leidžia naudoti mažesnius šilumos siurblius, tačiau riboja karšto vandens prieinamumą vartotojui piko metu.

Atsistatymo laikas (valandos)	Tipiškas V/P (litras karšto vandens/kWt)	Komentaras
1	20–25 L/kW	Greitas atstatymas
2	40–45 L/kW	Pageidautina buitiniams sistemoms
3	60–65 L/kW	
4 +	80 l/kW ir daugiau	Didelis piko poreikis ir lėtesnis atstatymas



Šilumos siurblio karšto vandens mazgas



Co-funded by
the European Union



16.4 Analitinis dydžio/paklausos parinkimas

Yra žinomas paprastas analitinis metodas, skirtas išsamiau nustatyti tūrio, šildymo galios santykį. Šio metodo tyrimas yra neprivalomas teisinėje bazėje.

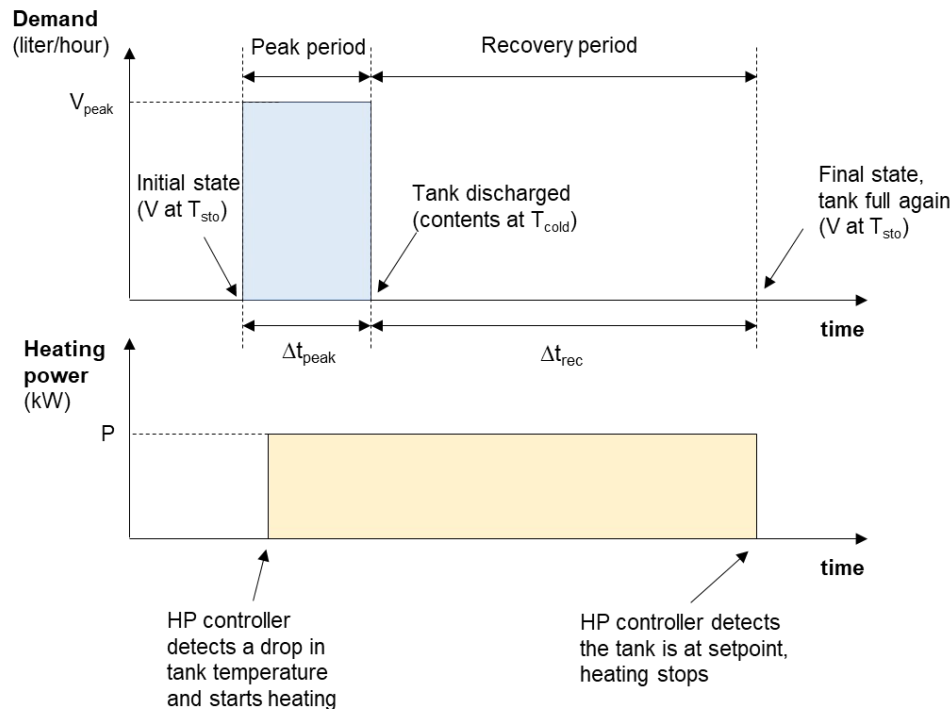


Table 16-4. Example of application of the method. Grey shadow = user input

VARIABLE		VALUE	UNIT	DATA SOURCE/CALCULATION FORMULA
DEMAND AND TEMPERATURES				
A	Reference hot water consumption	4032	liter/day	National regulations
B	Reference temperature	60	°C	National regulations
C	Storage temperature (T_{sto})	55	°C	50°C typical residences, >60°C public buildings
D	Final use temperature (T_{use})	40	°C	Outlet temperature of the tap
E	Cold water temperature	10	°C	Minimum temperature of mains water at the site
F	Daily hot water consumption at T_{sto}	4480.0	liter/day	$=A*(B-E)/(C-E)$
G	Daily hot water consumption at T_{use}	6720.0	liter/day	$=A*(B-E)/(D-E)$
PEAK AND RECOVERY SCENARIOS				
H	% of daily consumption at peak period	60.0%		Calculation hypothesis
I	Peak consumption	2199.3	liter	$=H*F$
J	Duration of peak period	1	hours	Calculation hypothesis
K	Duration of recovery period	3	hours	2 to 4 hours typical
L	Response time of the heat pump	5	min	5 min typical
OTHER DATA				
M	Demand increase due to thermal losses	1.25		>1.25 (sometimes much more if bad insulation)
N	Utilization factor of the storage	0.86		Typical 0.86
STORAGE VOLUME AND HEAT PUMP POWER				
O	Total storage volume	4000	liter	User decision (typical between I and A)
P	HP capacity for peak period	-4.56	kW	$= (M*I-N*O)*4.18*(C-E)/((J-L/60)*3600)$
Q	HP capacity for recovery period	69.67	kW	$= O*4.18*(C-E)/K/3600$
R	HP capacity	69.67	kW	$= \text{Maximum}(P,Q)$
S	HP capacity	57.42	liter/kW	$= O/R$

16.5 Legioneliozė

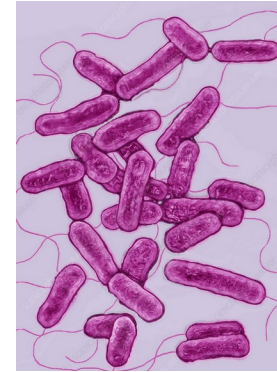
Legionella pneumophila yra bakterija, kuri gali daugintis karšto vandens sistemose, kai temperatūra 20 - 45 °C.

Buitinio karšto vandens sistemos su rezervuarais ir recirkuliacijos kontūrais yra ypač pažeidžiamos dėl stovinčio vandens zonų ir temperatūros gradientų.

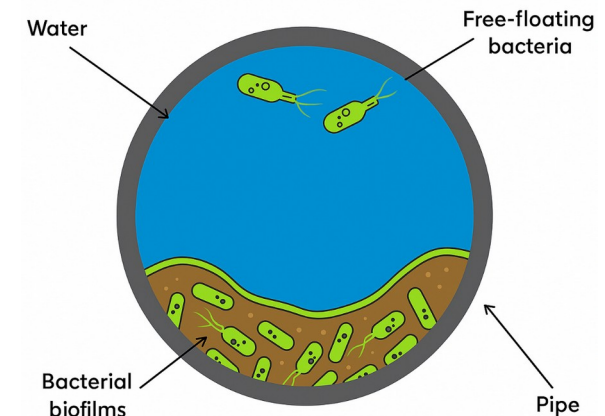
Siekiant sumažinti riziką, daugumoje taisyklių reikalaujama, kad vandens rezervuaruose vandens temperatūra būtų ne mažesnė kaip 60 °C, o recirkuliacijos temperatūra būtų aukštesnė nei 50–55 °C.

! Dažnai privalomi periodiniai terminės dezinfekcijos ciklai, pakeliantys vandens temperatūrą virš 70 °C.

- Šie reikalavimai kelia iššūkių šilumos siurbliams, kurie yra efektyviausi žemesnėje temperatūroje ir gali reikalauti papildomų šildytuvų (paprastai elektrinės varžos) arba specialių aukštos temperatūros konstrukcijų (brangu).



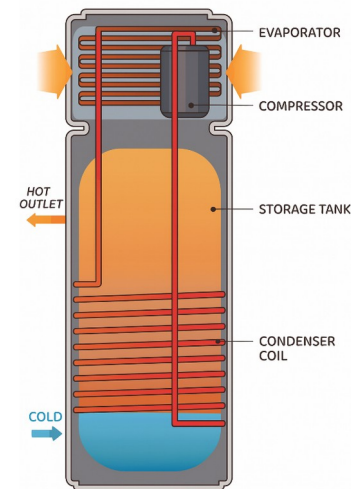
Legionella pneumophila



*Bakterijų augimas
bioplėvelėje*

16.6 Karšto vandens šilumos siurbLIAI

Specialūs buitinio karšto vandens šilumos siurbLIAI apjungia šilumos siurbLį ir akumuliacinį rezervuarą (saugojimo talpą) į vieną kompaktišką įrenginį, kurio talpa įprastai nuo 150 iki 300 l. Šios sistemos siurblių šaltinis dažniausiai yra oras, šiluma išgaunama iš lauko, patalpų oro arba išmetamo oro. Jie plačiai naudojami vienos šeimos namuose dėl paprasto montavimo ir nuspėjamo veikimo.



Dideliuose ar nepertraukiamai aptarnaujamuose pastatuose, tokiuose kaip viešbučiai ir ligoninės, **aukštos temperatūros šilumos siurbLIAI, naudojantys CO₂** ar pan. šaltnešius, gali pašildyti vandenį iki T 70–90 °C, todėl galima efektyviai gaminti karštą vandenį ir visiškai atitikti saugos dėl *legionella* reikalavimus.



Mitsubishi QTON CO₂ karšto vandens generavimo šilumos siurblys



Co-funded by
the European Union



17 UŽSIĖMIMAS

Šilumos siurblių sistemos



Co-funded by
the European Union



17 užsiėmimo tikslai

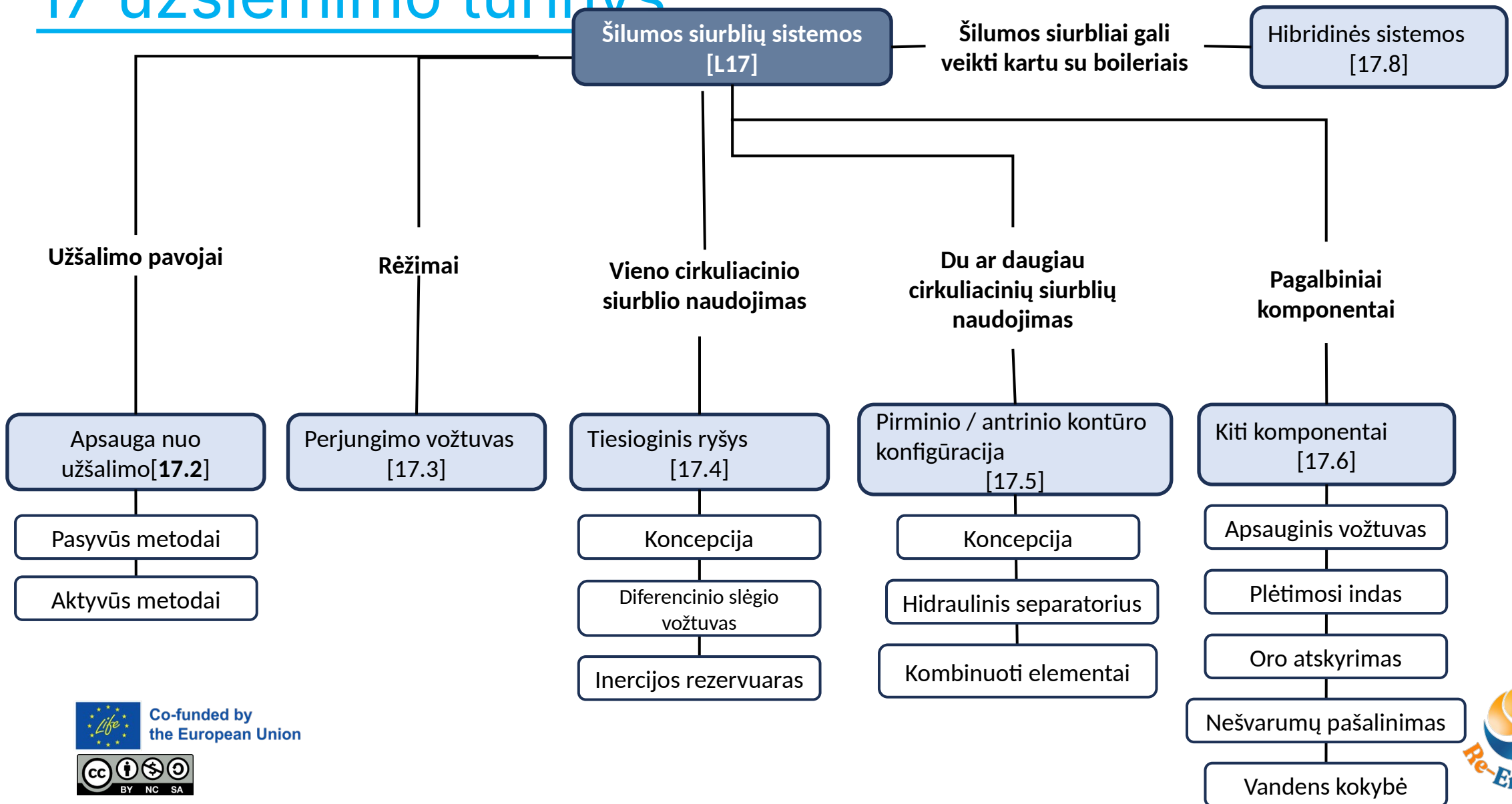
Šio užsiėmimo pabaigoje dalyviai galės:

Nustatyti pagrindinius šilumos siurblių sistemose naudojamus hidraulinius komponentus ir suprasti jų funkcijas, užtikrinant saugų, stabilų ir efektyvų veikimą (cirkuliacija, apsauga, atskyrimas ir valdymas)

Suprasti ir atskirti skirtingas hidraulines konfigūracijas (tiesioginis sujungimas, pirminiai ir antriniai kontūrai, buferinių rezervuarų ir separatorių naudojimas) ir tinkamo išdėstymo pasirinkimo kriterijus

1. Analizuoti sistemos apsaugos ir patikimumo strategijas, įskaitant prieš-užšalimo sprendimus, minimalaus srauto užtikrinimą, slėgio sistemoje valdymą, oro ir nešvarumų kontūre pašalinimą bei jų poveikį ilgalaikiam veikimui.

17 užsiėmimo turinys



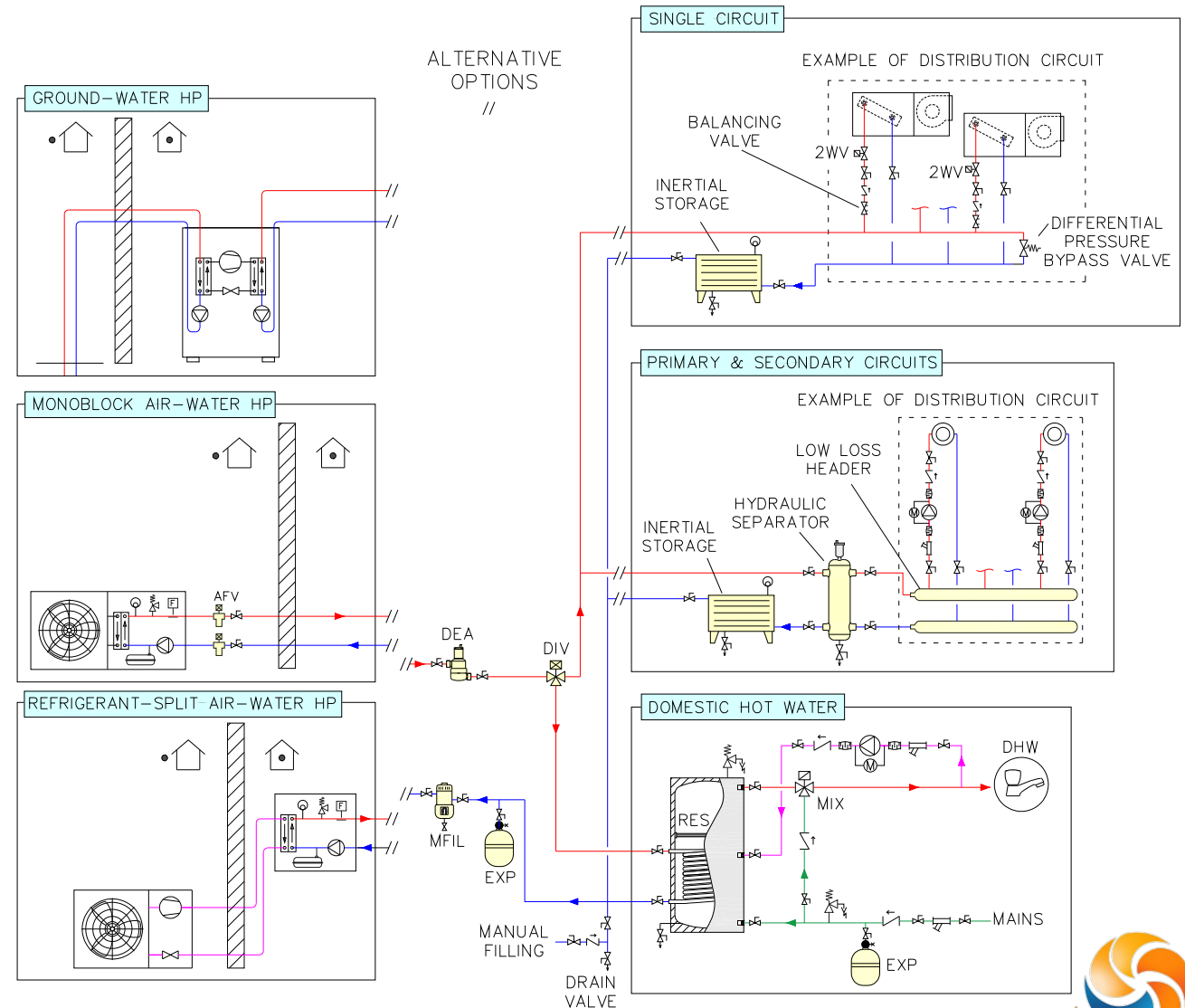
17.1 Apžvalga

- Šilumos siurblių sistemos reikalauja rinkinio hidroninių komponentų, kuriesu jungia šilumos siurbį su pastato poreikiais, įskaitant patalpų šildymą, vėsinimą ir karšto vandens ruošimą.
- Šie komponentai užtikrina tinkamą vandens cirkuliaciją, šilumos paskirstymą, hidraulinį stabilumą, slėgio kontrolę, oro ir nešvarumų pašalinimą, vandens kokybės valdymą bei apsaugą nuo užšalimo.
- Tinkama komponentų integracija yra būtina norint garantuoti stabilų sistemos veikimą, išvengiant šilumos siurblio pažeidimų ir užtikrinant ilgalaikį patikimumą.
- **Šiame užsiėmime pagrindinis dėmesys skiriamas uždaro ciklo hidraulinėms sistemoms, įprastai naudojamoms su šilumos siurbliais oras-vanduo ir žemė-vanduo.**

17.1 Apžvalga

Vandens kontūrų šilumos siurbiai gali būti komplektuojami žemė-vanduo arba oras-vanduo įrenginiais, kurie gali būti monoblokiniai (tiesioginis) arba atskirų (sudėtingesnis) blokų konfigūracijos.

- Hidraulinėje kontūro dalyje dažniausiai naudojami du pagrindiniai išdėstymai.
Tiesioginio prijungimo sistemose šilumos siurblys yra tiesiogiai prijungtas prie pastato paskirstymo tinklo, srautas tas pats (yra tik vienas cirkuliacinis siurblys).
- **Sudėtingesnėse sistemose** naudojami pirminiai ir antriniai kontūrai, atskirti buferiniu rezervuaru arba hidrauliniu separatoriumi, kurie leidžia šilumos siurbliui ir paskirstymo tinklui veikti nepriklausomais srautais.
- Speciali karšto vandens namų reikmėms posistemė, įskaitant rezervuarinę talpą ir šilumokaitį, paprastai prijungiama lygiagrečiai, kaip buvo kalbama 16-ame užsiėmime.

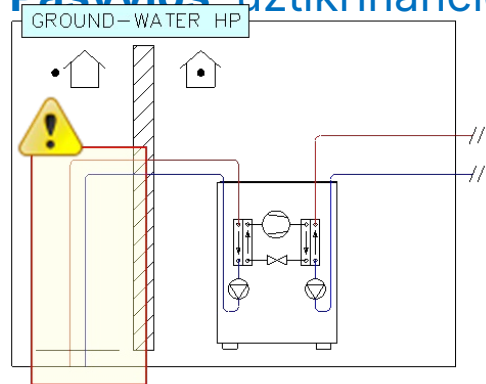


17.2 Apsauga nuo užšalimo

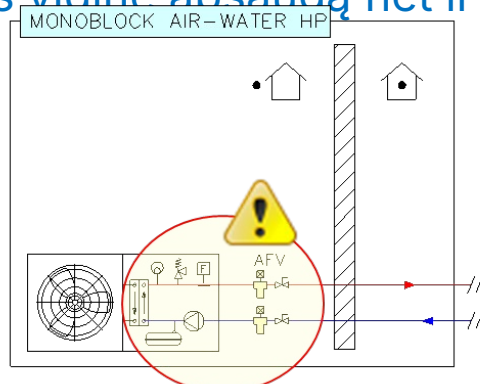
Užšalimo rizika egzistuoja ten, kur vandeniu užpildyti sistemos komponentai kontaktuoja su lauko temperatūra žemesne nei 0 °C, pavyzdžiui, monoblokiniuose oro–vandens šilumos siurbliuose ir grunto šilumos siurblio kontūruose, tai aktualu. Nors kai kurie šaltnešiai užšąla itin žemoje temperatūroje (pvz., -136 °C R32 arba -78 °C CO₂), vanduo užšąla prie 0 °C ir tai gali padaryti didelę žalą – vamzdžių plyšimas ar plokštelinio šilumokaičio įtrūkimai.

Apsaugos nuo užšalimo strategijos gali būti:

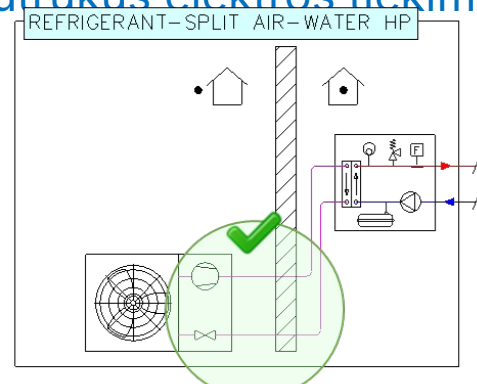
- **Aktyvios**, reikalaujančios elektros energijos
- **Pasvijos**, užtikrinančios vidinę apsaugą net ir nutrūkus elektros tiekimui.



Risk of freezing



Risk of freezing



No risk of freezing
(refrigerant lines)

ŠALTNEŠIS	UŽŠALIMO TEMPERATŪRA
Water	0 °C
R134a	-103.3 °C
R410A	-155 °C
R32	-136 °C
R290	-188 °C
R717	-78 °C
R744	-78.5 °C

17.2 Apsauga nuo užšalimo

Aktyvi apsauga nuo užšalimo:

Vandens cirkuliacinio siurblio veikimas su pertraukomis
Kompresoriaus veikimas mažu greičiu, kad vandens temperatūra lauko įrangoje būtų aukštesnis nei maždaug 5 °C (kondensatorius lauke)

- Naudoti elektrinius šilumos šildytuvus vamzdžiams ir aplink šaldymo agento–vandens šilumokaitį (juostiniai).

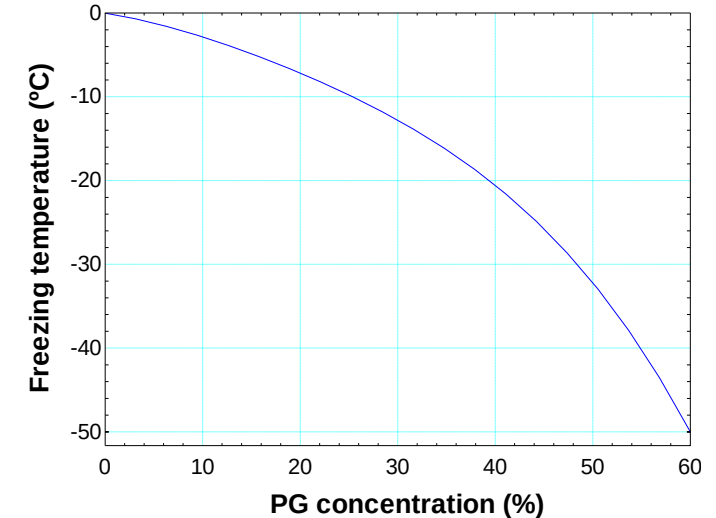
Šie metodai veiksmingi tik tada, kai tiekama elektra. !

Pasyvioji apsauga:

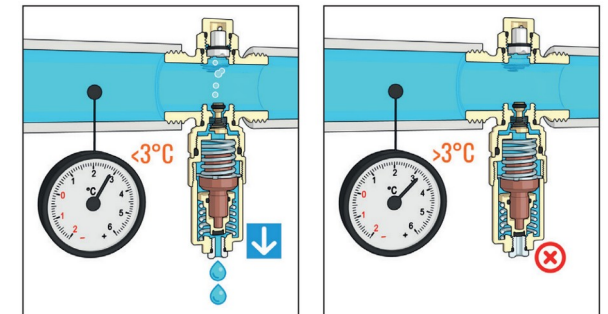
Propilenglikolio mišiniai. Pvz., 40 % propilenglikolio tirpalas apsaugo nuo užšalimo kai temperatūra nukrenta maždaug -20 °C. Glikolis dažniausiai naudojamas *gruntuose* šilumos siurbliuose ir pasirinktinai oras-vanduo sistemose.

- Prieš-užšalimo vožtuvai, kurie apsaugo lauko kontūrus , išleidami vandenį, kai temperatūra artėja prie užšalimo. Šie vožtuvai paprastai atsidaro maždaug 3 °C temperatūroje ir vėl užsidaro aukštesnėje nei 4 °C temperatūroje. Slėgiui atkurti reikalingi automatiniai vandens užpildymo vožtuvai, o oro separatoriai pašalina įstrigusį orą.

(1) *pasyvus metodas: išoriniame vandens kontūre naudojamas vandenuo + propilenglikolis (PG)*



(2) *pasyvus metodas: anti-užšalimo vožtuvai*



17.3 Perjungimo vožtuvas (DIV)

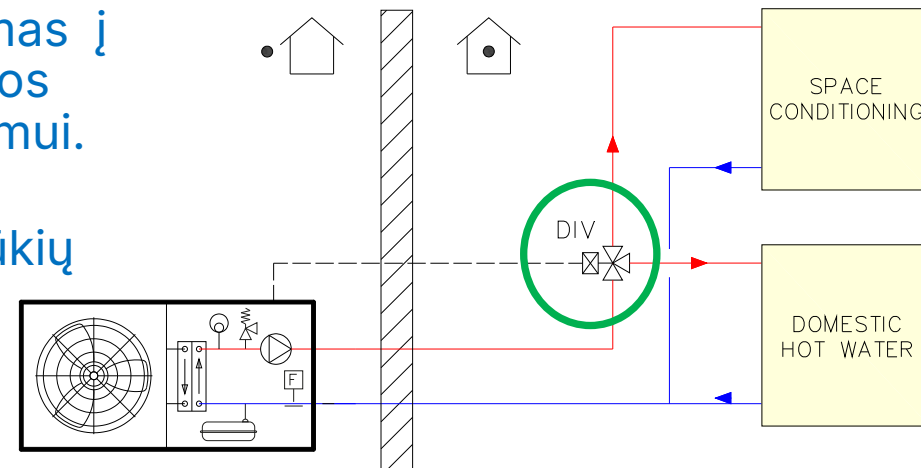
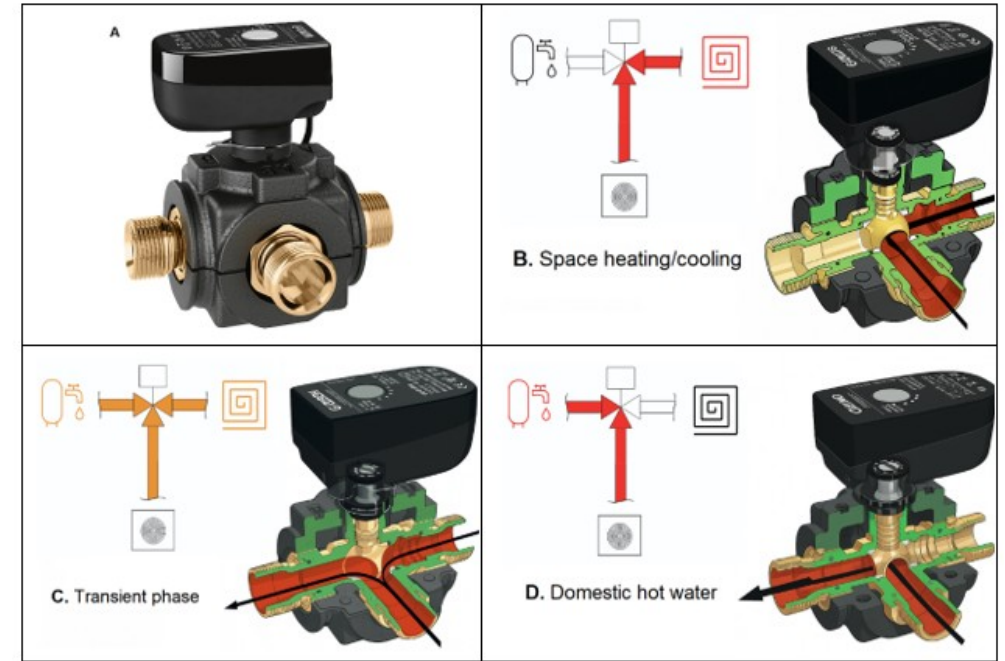
Perjungimo vožtuvai – tai valdomi trijų krypčių vožtuvai, kurie nukreipia šilumos siurblio šilumos srautą arba į patalpų šildymą ir vėsinimą, arba į karšto vandens ruošimą.

Karštas vanduo namų reikmėms paprastai turi prioritetą, nes jo poreikis yra momentinis ir negali būti atidėtas. Kai rezervuare temperatūra nukrenta žemiau nustatytos ribos, perjungimo vožtuvas nukreipia visą šilumos siurblio šilumos srautą į buitinio karšto vandens rezervuarą, paprastai esant 55–60 °C.

Kai rezervuare vanduo įšyla, vožtuvas vėl perjungiamas į patalpų kondicionavimą, kur patiekiamos temperatūros dažniausiai būna 35–45 °C šildymui ir 7–12 °C aušinimui.

- Šiuolaikinėse sistemose gali būti taikomas dalinis prioritetas, siekiant išvengti pernelyg didelių pertrūkių patalpų šildyme..

Daugiau informacijos: skaitykite 17.3 skyrių.



17.4 Tiesioginis sujungimas

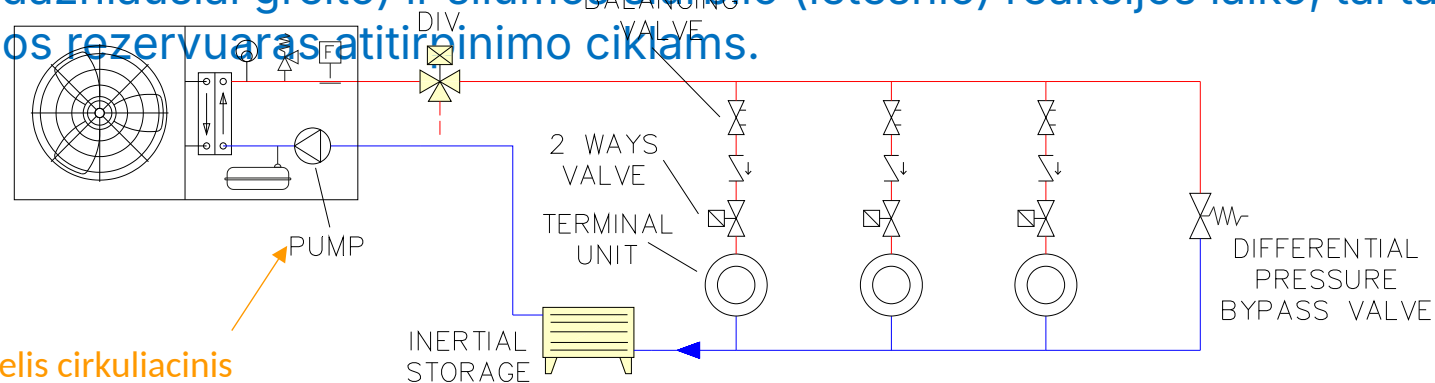
Konceptas

Paprasčiausias būdas integruoti šilumos siurbį į pastato patalpų šildymo ar vėsinimo sistemą yra prijungti jį tiesiai prie paskirstymo vamzdžių. Integruotas šilumos siurblio cirkuliacinis siurblys pumpuoja vandenį per visą paskirstymo tinklą.

Šis sprendimas tinka tik tada, kai siurblys užtikrina pakankamą slėgį ir kai sistema visada gali išlaikyti minimalų šilumos siurbliui reikalingą srautą. Gamintojai nurodo tipines minimalias srauto vertes, kurių reikia laikytis, kad būtų išvengta gedimų ar pažeidimų sistemoje.

Kai integruoti lokacijose vožtuvai užsidaro esant daliai apkrovai, pratekantis srautas gali nukristi žemiau nustatyto minimumo, todėl reikia papildomų hidraulinių priemonių.

- Šiame kontūre atsiranda du nauji komponentai: (1) diferencialinio slėgio praleidimo vožtuvas, kuris užtikrina šilumos siurblio srauto min normą, ir (2) inercinis rezervuaras, kuris kompensuoja skirtumą tarp paskirstymo tinklo (dažniausiai greito) ir šilumos siurblio (lėtesnio) reakcijos laiko, tai taip pat naudojamas kaip energijos rezervuaras atitirpinimo ciklams.



Vienintelis cirkuliacinis siurblys sistemoje yra integruotas į šilumos siurbį

17.4 Tiesioginis sujungimas

Diferencinis slėgio vožtuvas

Šis vožtuvas užtikrina minimalų srautą, jis praleidžia kelią tēkmei, kai slėgio skirtumas tarp tiekimo ir grįžtamojo kontūro viršija nustatytą kritinę reikšmę, tuo atveju kai kažkuris ištekėjimas uždarytas.

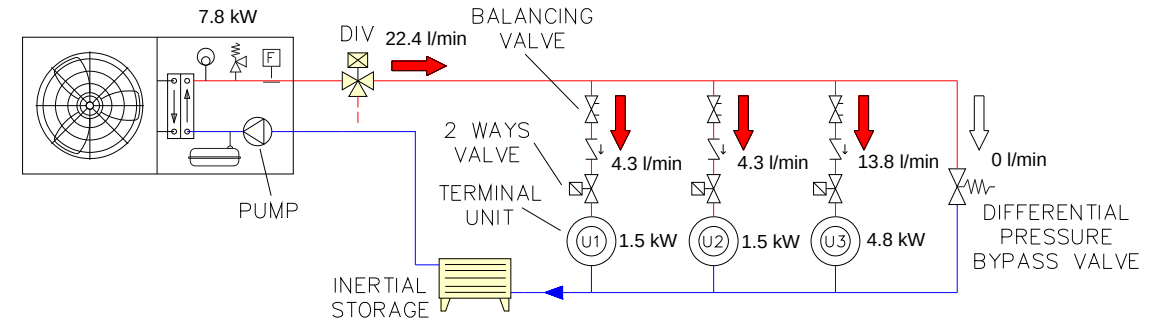
Pavyzdžiui (pav.), jei šilumos siurbliui reikia mažiausiai 6 l/min, o tik viena zona lieka atvira su 4,3 l/min poreikiu, šis vožtuvas atsidaro, kad cirkuliuotų trūkstamas srautas (1,7 l/min)

Vožtuvo nustatymas koreguojamas taip, kad jis išliktų uždarytas įprasto darbo metu ir atsidarytų tik esant kritiniam žemam srautui.

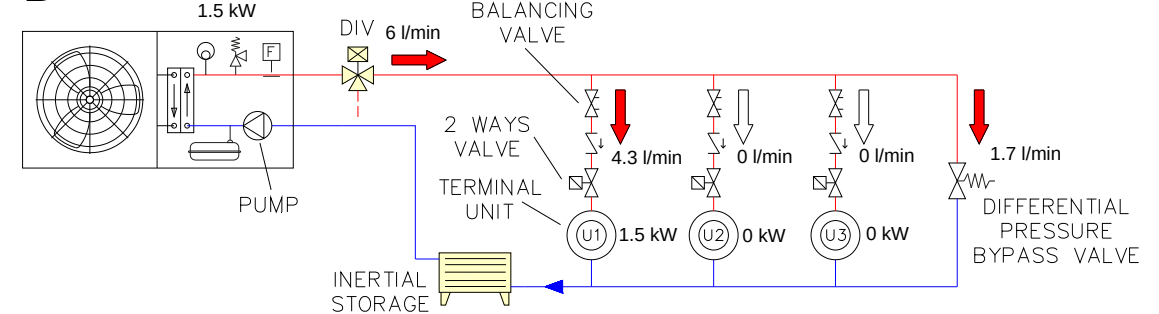
- Praleidimo vožtuvas paprastai montuojamas ant vamzdyno trišakio, jungiančio pagrindinį tiekimą su pagrindiniu grįžimu, dažniausiai po paskutinio kolektoriaus ar galinio šilumos skleidėjo įrenginio šakos."

Diferencinio vožtuvo funkcija

A



B



Komercinis modelis (šaltinis: CALEFFI)



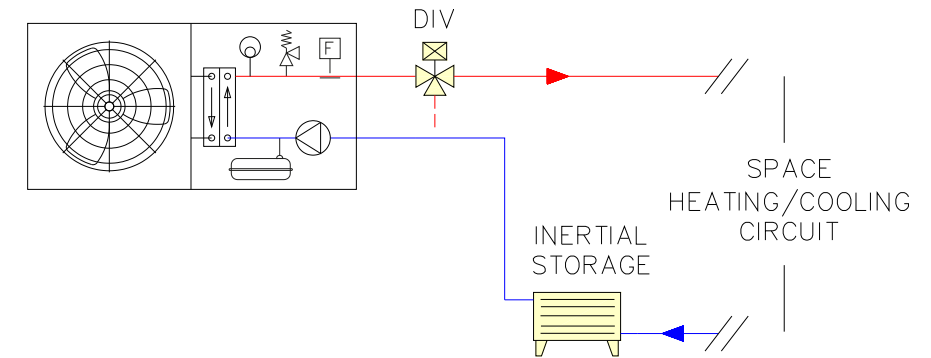
17.4 Tiesioginis sujungimas

Inercinis rezervuaras

Šilumos siurbliams taip pat reikalingas minimalus vandens kiekis, kad būtų užtikrintas stabilus veikimas ir tiekama energija atitirpinimo ciklų metu.

Gamintojai paprastai nurodo 5–7 litrus vandens vienam šilumos siurblio kW, kaip absoliutų minimumą. Praktikoje inerciniai rezervuarai dažnai parenkami 10–20 L/kW, siekiant pagerinti temperatūros stabilumą ir išvengti trumpų ciklų, atsirandančių dėl neprognozuojamų vožtuvų perjungimų.

- Norint užtikrinti, kad šis minimumas visada būtų suderintas, nepriklausomai nuo to, kiek šildymo zonų yra atvirų ar uždarytų, įprastai reikia įtengti inercinį rezervuarą.



Šaltinis:
<https://futureenergia.es>

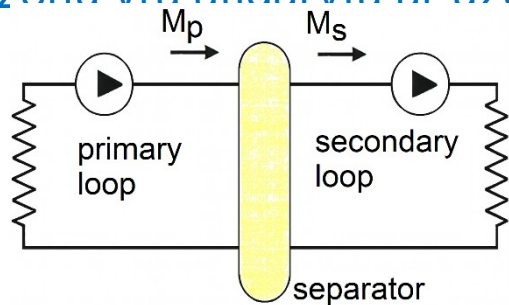
17.5 Pirminio ir antrinio kontūro konfigūracija

Esmė

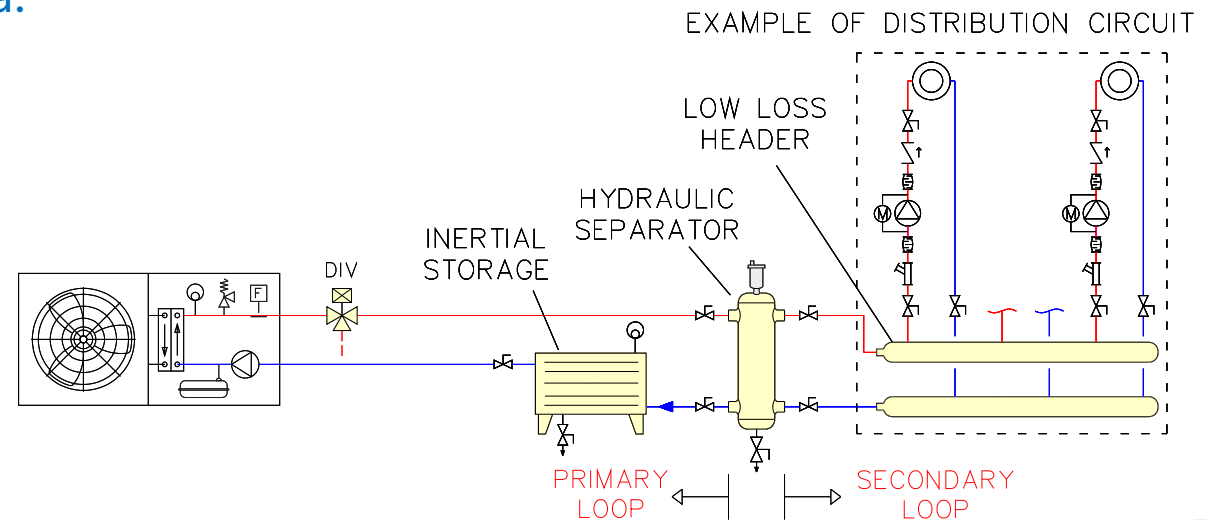
Pirminės-antrinės konfigūracijos (kontūrai) naudojamos, kai šilumos siurblio cirkuliacinis siurblys negali kompensuoti skirstomojo tinklo hidraulinio pasipriešinimo.

Pirminis kontūras tiekia šilumos siurbį savo cirkuliaciniu siurbliu, o antrinis kontūras tiekia šilumą į skleidėjų įrenginius naudodamas nepriklausomus siurblius

- Hidraulinis separatorius jungia abu kontūrus, leidžiant šilumos perdavimą, nesukeliant reikalavimo abiem kontūrams veikti tuo pačiu srautu. Toks išdėstymas užtikrina stabilų veikimą, nepriklausomai nuo to, kiek šildymo zonų yra atidaryta ar uždaryta.



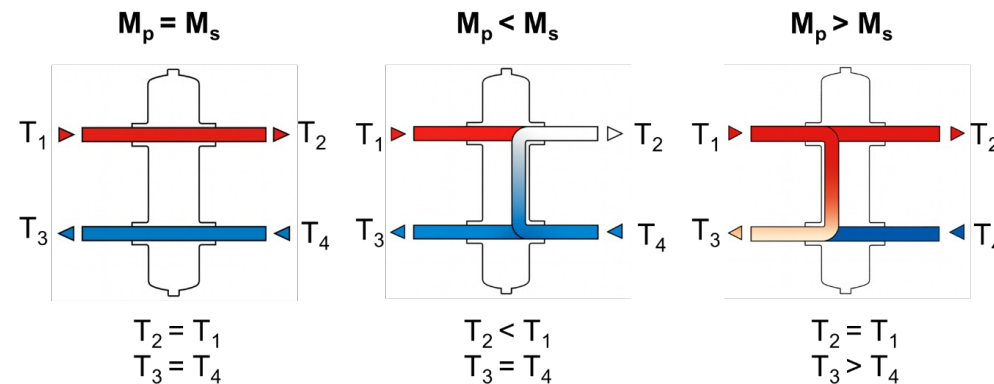
? Pagalvokite apie pirminį ir antrinį kontūrą kaip apie du kelius, sujungtus žiedinė sankryža. Kiekvienas kelias turi savo eismo greitį ir intensyvumą, tačiau žiedinė sankryža leidžia transporto priemonėms pervažiuoti iš vieno kelio į kitą, neverčiant abiejų kelių turėti vienodas eismo sąlygas.



17.5 Pirminio ir antrinio kontūro konfigūracija

Hidraulinis separatorius

- Hidraulinis separatorius yra didelio skerspjūvio indas, kuris sumažina vandens greitį iki $\sim 0,2$ m/s, sukuriant nereikšmingą slėgio kritimą tarp kontūrų. Tai leidžia užtikrinti savarankišką siurblių darbą ir taip pat garantuoja oro bei nešvarumų atskyrimą.
- Separatoriaus skersmuo (dydis) parenkamas pagal didžiausią srautą arba pagal praktinę taisyklę, kad jo skersmuo turėtų būti maždaug tris kartus didesnis už didžiausio prijungto vamzdžio skersmenį. Tipinis separatoriaus aukštis yra keturis–šešis kartus didesnis už jo skersmenį.



17.6 Kiti komponentai

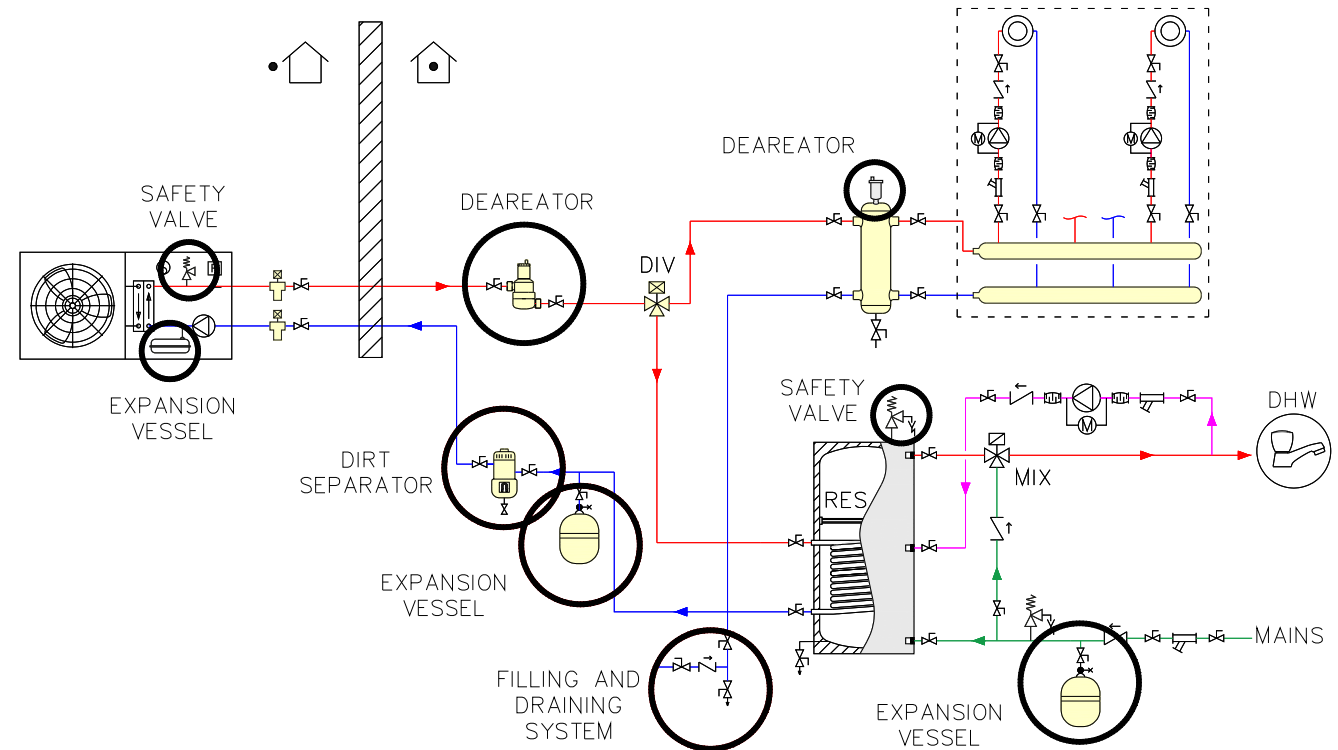
Pagalbiniai komponentai užtikrina saugų ir patikimą veikimą.

Apsauginiai vožtuvai apsaugo nuo per didelio slėgio, paprastai atsidaro nuo 3 iki 10 barų

Plėtimo indai kompensuoja šiluminį vandens plėtimąsi; jų tūris gali būti apskaičiuotas analitiškai arba įvertinti kaip maždaug 5 % viso sistemos tūrio šilumos siurblių sistemose.

Oro angos ir deaeratoriai pašalina įstrigusį ir ištirpusį orą, kad būtų išvengta korozijos ir kavitacijos siurbyje

- **Nešvarumų separatoriai ir magnetiniai filtrai** surenka nešvarumus ir magnetitą, apsaugo šilumokaičius ir vožtuvus bei išsaugo sistemos efektyvumą.



17.7 Hibridinės sistemos

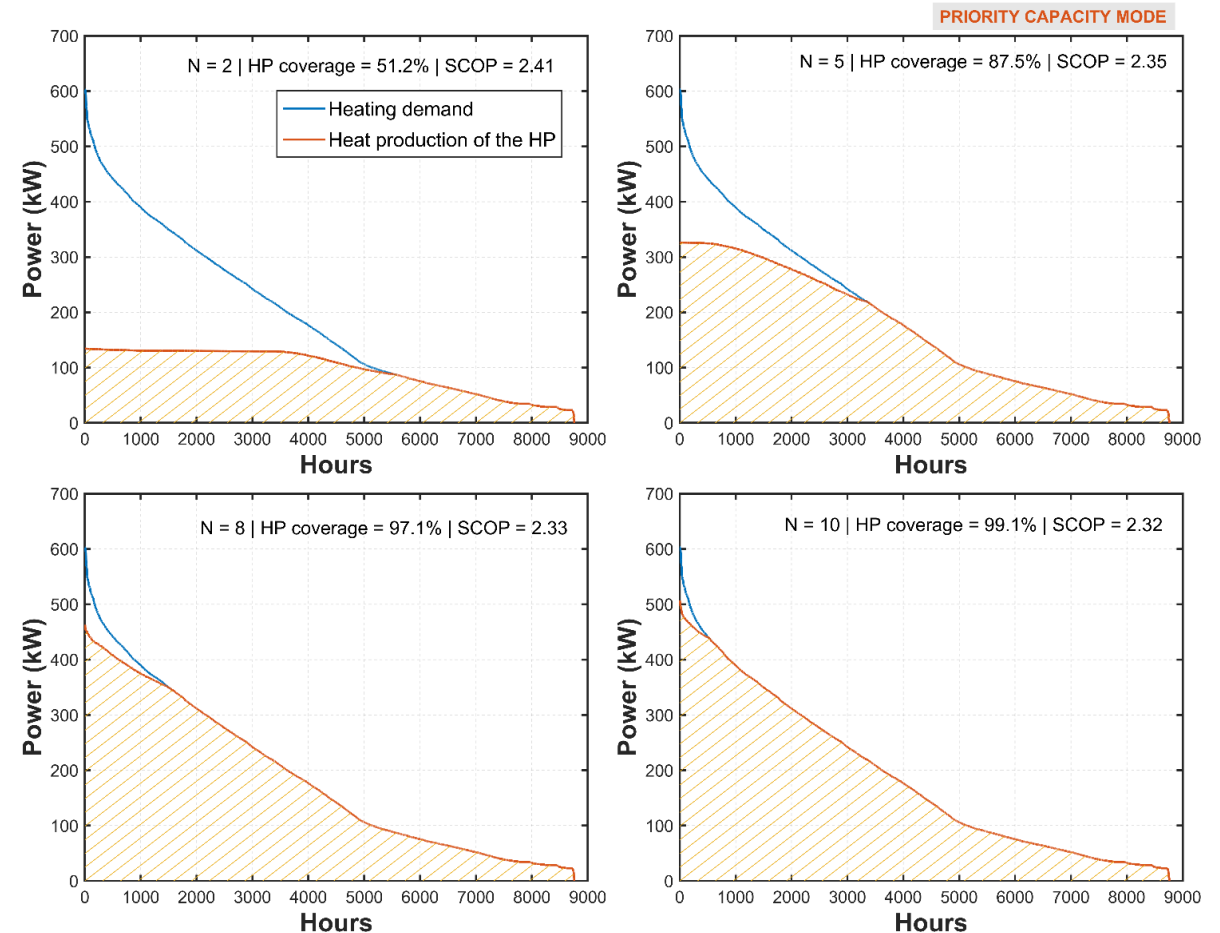
Hibridinės sistemos apjungia šilumos siurblių su boileriu, kad užtikrintų efektyvumą ir didžiausią galią.

Šilumos siurblys naudojamas baziniams poreikiams padengti vidutinėmis veikimo sąlygomis, o boileris užtikrina poreikių patenkinimą kai iškyla klausimas dėl didelių temperatūros pokyčių.

Pavyzdžiui, pav. parodytas vieno pastato kaupiamasis šilumos poreikis ir atitinkamos šilumos siurblio gamybos kreivės skirtingam šilumos siurblių skaičiui ($N = 2, 5, 8$ ir 10). Padidinant šilumos siurblių pajėgumą nuo dviejų iki dešimties vienetų, poreikio patenkinimas gali išaugti nuo maždaug 51 % iki daugiau nei 99 %, tuo tarpu SCOP išlieka beveik pastovus, apie 2,3–2,4.

- Tai iliustruoja mažėjantį efektyvumą virš tam tikro

padengimo lygio ir pagrindžia hibridinių sistemų naudingumą.



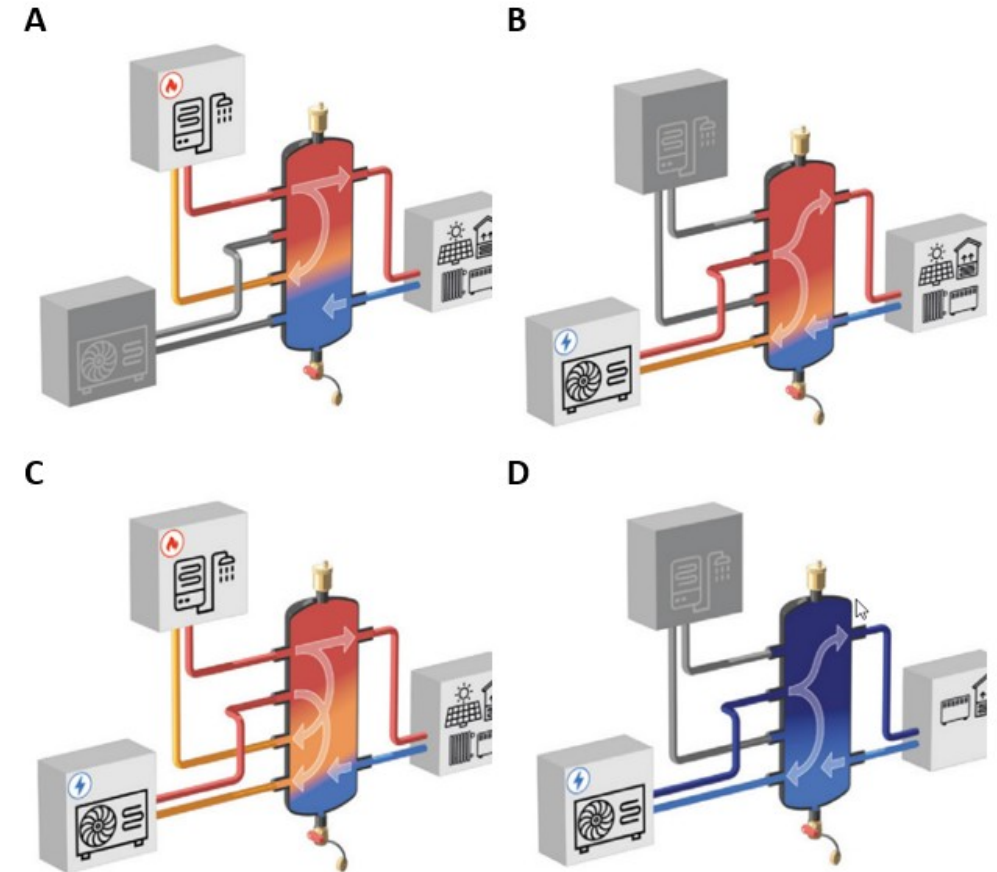
17.7 Hibridinės sistemos

Inercinis hidraulinis separatorius leidžia lengvai integruoti šilumos siurbį ir katilą, hidrauliškai atjungiant jų kontūrus, išlaikant tinkamas darbo sąlygas, nes dėl tinkamo sujungimo išdėstymo ir srauto sluoksniavimo

Srautas iš boilerio jungiasi viršutiniame taške, šilumos siurblio srautas teka tiesiai iš jo; Katilo grįžtantis srautas jungiasi prie trečiojo taško iš viršaus, o šilumos siurblys paduoda grįžtantį srautą į žemiausią tašką, aušinimo kontūras yra priešingoje pusėje.

Separatorius leidžia savarankiškai arba lygiagrečiai veikti katilui ir šilumos siurbliui, su dalinai vidiniu praleidimu, kad būtų išsaugota hidraulinė pusiausvyra; Vėsinimo režimu sistemoje veikia tik šilumos siurblys.

- Jis atlieka dvigubą funkciją: atskiria pirminio generatoriaus kontūrą nuo antrinio paskirstymo kontūro ir užtikrina minimalų vandens kiekį, reikalingą šilumos siurblio veikimui, naudojant mažo greičio zoną, kad neutralizuotų slėgio skirtumus ir supaprastintų sistemos projektavimą.



Darbo režimai: (A) tik katilas, (B) tik šilumos siurblys; (C) abu šaltiniai; (D) aušinimo režimas

18 UŽSIĖMIMAS

Reprezentatyvių sistemų schemų rinkinys



Co-funded by
the European Union



18 užsiėmimo tikslai

Šio užsiėmimo pabaigoje dalyviai galės:

1. Suprasti, kaip tipinės hidraulinės sistemos schemas gyvenamuosiuose ir mažos galios šilumos siurblių įrengimuose yra sukonfigūruotos, naudojant įprastus komponentus, tokius kaip šilumos siurbLIAI, kaupimo talpos, separatoriai, vožtuvai ir paskirstymo kontūrai.
2. Palyginti skirtingus sistemos išdėstymus (tiesioginio prijungimo, pirminės/antrinės, kelių šilumos skleidėjų, kelių vienetų, geotermies ir hibridines sistemas) ir nustatyti sąlygas, kuriomis kiekviena schema yra tinkama.
3. Naudoti pateiktas schemas kaip praktinius atskaitos modelius, kad būtų galima pritaikyti, derinti ir individualizuoti šilumos siurblių ir hibridinių sistemų projektus pagal projekto reikalavimus, klimatą ir esamas instaliacija.

18 užsiėmimo turinys

Šioje pamokoje pristatoma dvylika tipinių šilumos siurblių sistemų schemų, kuriose taikomos 14–17 pamokose pateiktos sąvokos

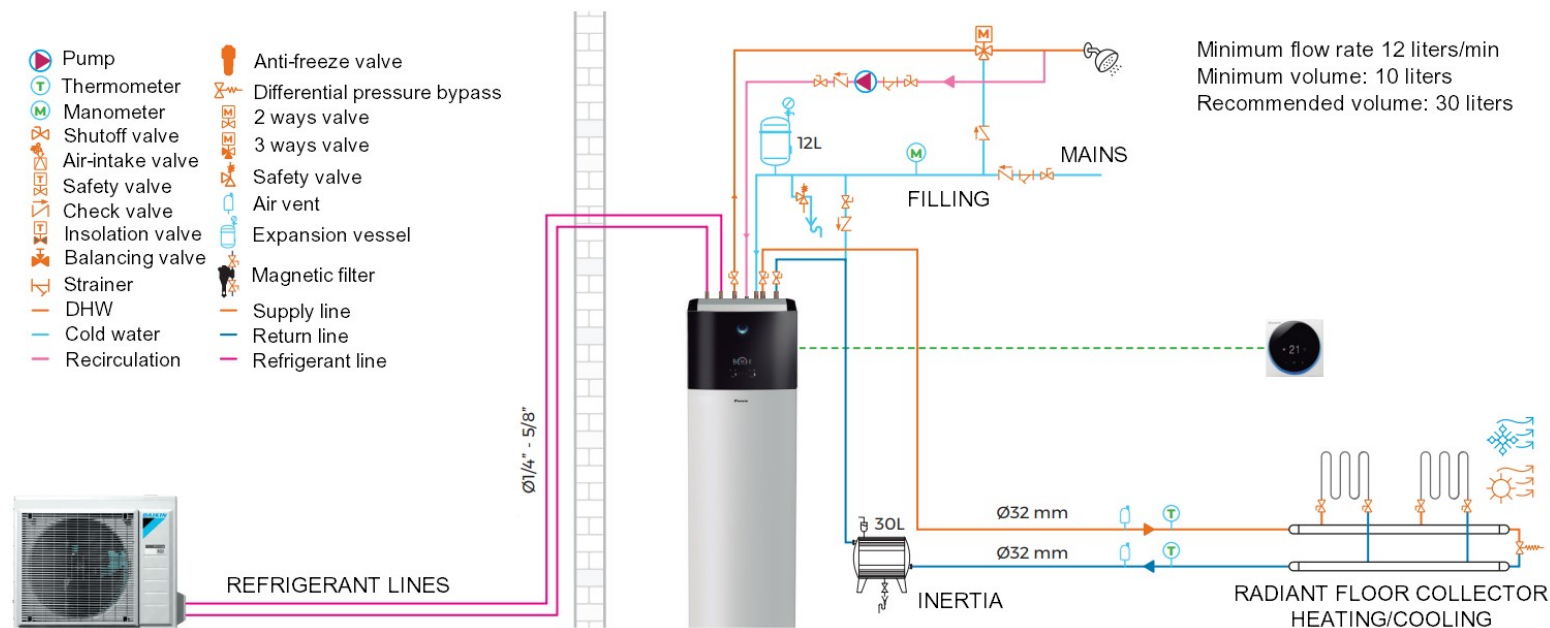
Šiame pristatyme parenkamos trys reprezentatyvios schemas: paprasta visiškai elektrinė sistema, mišrių skleidėjų grįžtamoji sistema ir hibridinė šilumos siurblio-boilerio sistema. Visumoje šios schemas apima daugumą gyvenamųjų namų projektavimo situacijų, išlaikant aiškų konceptualų aiškumą.

1. Likusias schemas galima rasti rašytiniame pamokos skyriuje.

18.1 Pirma schema

Ši schema pasižymi paprastumu ir tiesioginiu šilumos siurblio ir grindinio šildymo sistemos sujungimu. Inercinis rezervuaras užtikrina minimalų šilumos siurbliui reikalingą vandens kiekį, o diferencinio slėgio vožtuvas užtikrina minimalų masės srautą. Vidinis blokas yra kompaktiškas mazgas, kuriame buitinio karšto vandens rezervuaras ir pagrindiniai hidrauliniai komponentai sujungiami į vieną modulį, sumažinant išorinius vamzdžius ir supaprastinant montavimą.

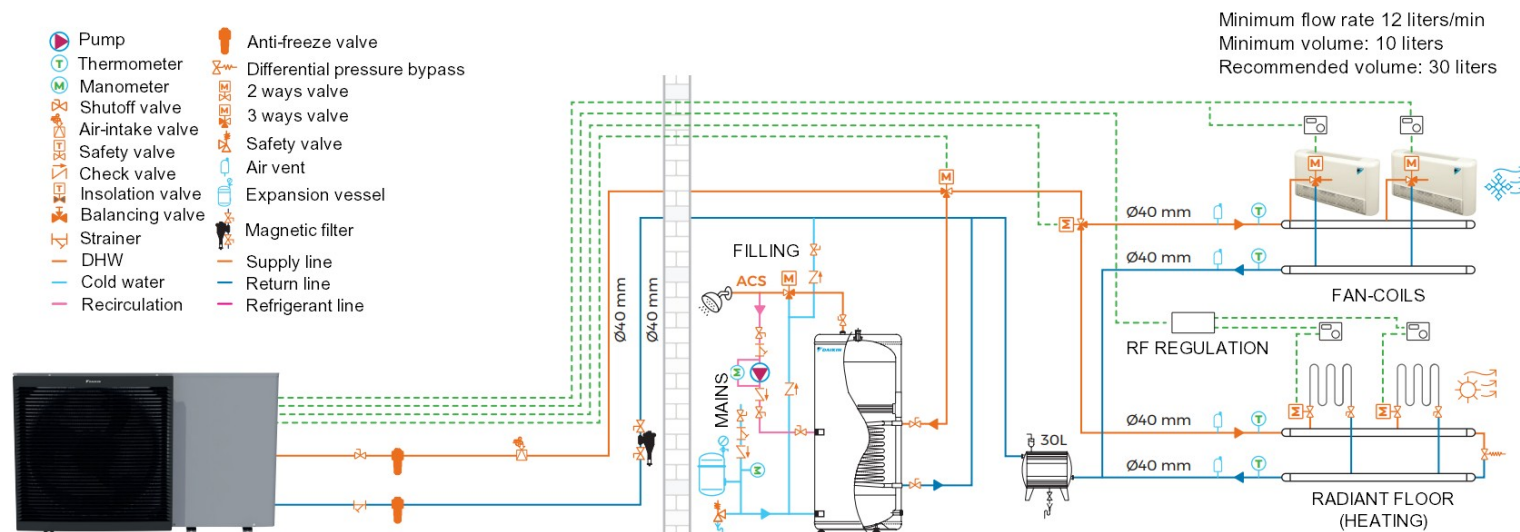
- Sistema užtikrina patalpų šildymą, vėsinimą ir karštą vandenį. Šiuo atveju aušinimo efektyvumą riboja tokie veiksniai kaip grindų paviršiaus kondensacijos rizika ir sumažėjusi oro konvekcija. Apskritai tai yra viena iš paprasčiausių schemų rinkinyje, orientuota į žemas temperatūras su minimalia pagalbine įranga, todėl puikiai tinka mažiems gyvenamiesiems namams.



18.2 Antra schema

Ši schema iliustruoja universalesnę konfigūraciją, skirtą didesnėms vasaros metu vėsinimo apkrovoms. Monoblokinis oro–vandenuo šilumos siurblys tiekia tiek karštą vandenį namų reikmėms, tiek kondicionuoja patalpas, tačiau pastate naudojami du skirtingi šilumos atidavimo įrenginių tipai. Grindinio šildymo kontūras naudojamas tik šildymui, tuo tarpu fankoilų įrenginiai naudojami vėsinimui. Šis atskyrimas pašalina grindinio šildymo vėsinimo apribojimus ir leidžia didesnę vėsinimo galią, kartu suteikiant oro drėgmės mažinimo naudą.

- Du perjungimo vožtuvai valdo sistemą. Vienas vožtuvas perjungia šilumos siurblio srautą tarp karšto vandens ruošimo ir patalpų kondicionavimo. Antras vožtuvas nukreipia šildymo ar vėsinimo vandenį į grindinio šildymo arba fankoilo kontūrą, priklausomai nuo sezono. Kai kuriose variacijose fankoilai taip pat gali pradėti šildyti šaltų paleidimų metu, kompensuodami grindinio šildymo kontūrų lėtą šiluminį atsaką.
- Ši schema ypač tinkama klimatui su reikšmingu vėsinimo poreikiu, pavyzdžiui, šiltose vidutinio klimato ar Viduržemio jūros regiono zonose. Ji užtikrina komfortą visus metus, didesnę eksploatacinį lankstumą ir geresnę našumą vasarą nei tik grindinio šildymo sistemos, tačiau reikalauja šiek tiek sudėtingesnės hidraulikos ir valdymo.



18.3 Trečia schema

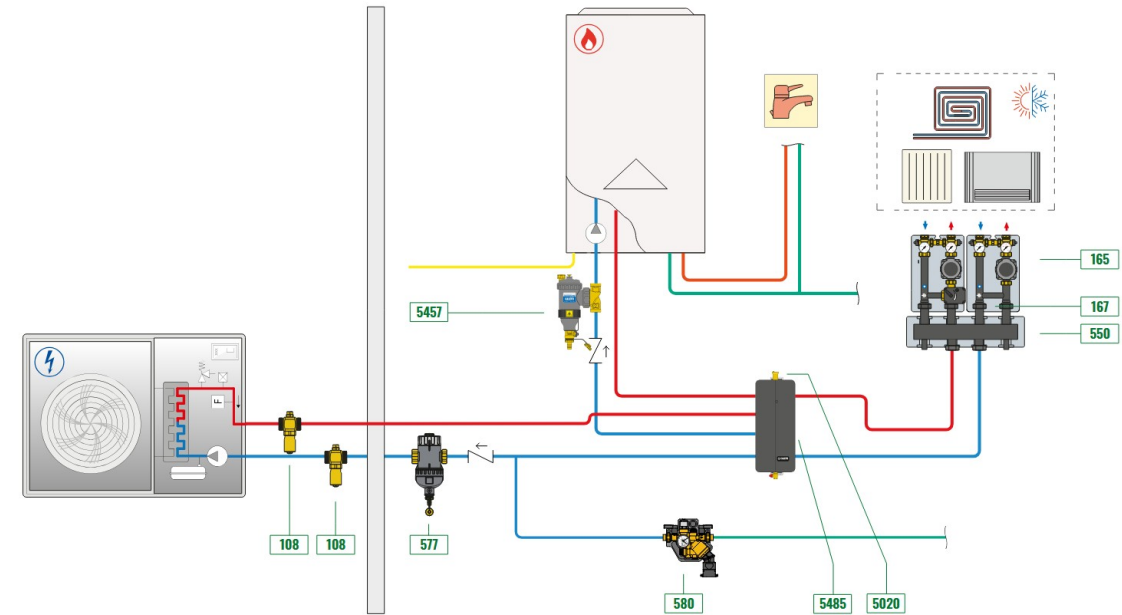
Ši schema yra reprezentatyvi hibridinė konfigūracija, sujungianti monoblokinį šilumos siurblį ir dujinį katilą, lygiagrečiai sujungtą su inerciniu rezervuaru, kuris taip pat veikia kaip hidraulinis separatorius. Abu generatoriai gali veikti pakaitomis arba vienu metu, priklausomai nuo apkrovos intensyvumo ir valdymo strategijos.

Hidraulinis atskyrimas užtikrina, kad šilumos siurblio ir katilo cirkulatoriai veiktų nepriklausomai nuo paskirstymo kontūro, išlaikant stabilias srauto sąlygas nepriklausomai nuo pastato poreikio.

Patalpų šildymas ir vėsinimas tiekiamas per antrinį kontūrą, o vandenį katilas pašildo akimirksniu. Taip išvengiama karšto vandens rezervuaro poreikio, užtikrinama aukšta karšto vandens temperatūra net esant didžiausiam poreikiui ir pašalinama legionelių rizika, susijusi su stovinčiu vandeniu.

Šilumos siurblys padengia bazinį šildymo ir visą vėsinimo poreikį, o katilas palaiko didžiausią šildymo poreikį arba veikia, kai lauko temperatūra yra per žema, kad šilumos siurblys veiktų efektyviai.

- Ši schema ypač tinkama renovacijos projektams, kai išlaikomas esamas katilas ir jam papildomai pridedamas šilumos siurblys. Ji užtikrina aukštą patikimumą, sumažina iškastinio kuro suvartojimą ir suteikia sklandų pereinamąjį laikotarpį link elektrifikacijos, tuo pat metu išvengiant šilumos siurblio perviršio, siekiant patenkinti reikalingus didesnius šilumos poreikius.



Paveikslėlio šaltinis: Caleffi techninė dokumentacija



19 UŽSIĖMIMAS

Šilumos siurblių sistemų dydis



Co-funded by
the European Union

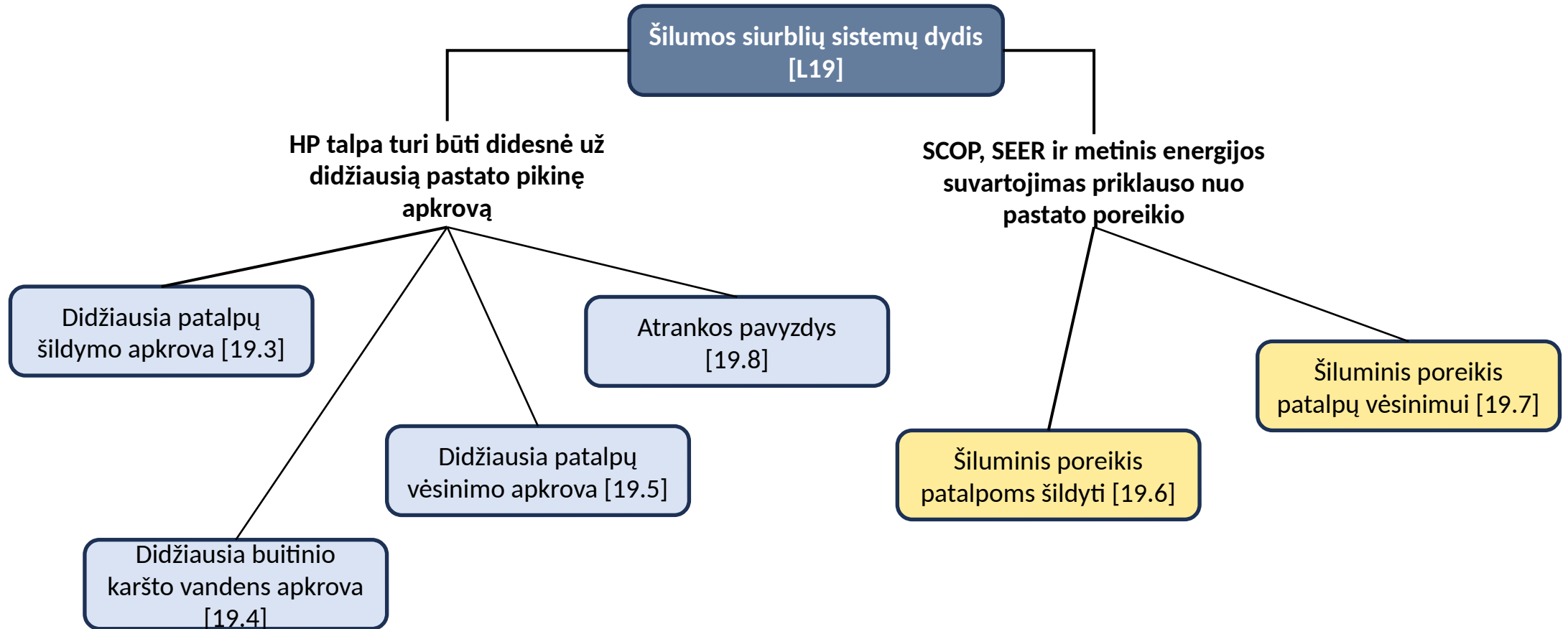


19 užsiėmimo tikslai

Šio užsiėmimo pabaigoje dalyviai galės:

1. Suprasti šilumos siurblio dydžio parinkimo principus, atskiriant pikines šilumos apkrovas (kW) ir metinį šilumos poreikį (kWh) patalpų šildymui, vėsinimui ir karšto vandens ruošimui.
2. Įvertinti pikines šildymo ir vėsinimo apkrovas naudojant supaprastintas metodikas bei nuo klimato priklausomus rodiklius, atpažįstant jų prielaidas ir ribotumus.
3. Naudoti gamintojų pateiktus veikimo duomenis, kad būtų parinkta tinkama šilumos siurblio galia, atitinkanti projektavimo sąlygas, išvengiant per didelio arba per mažo įrenginio parinkimo.

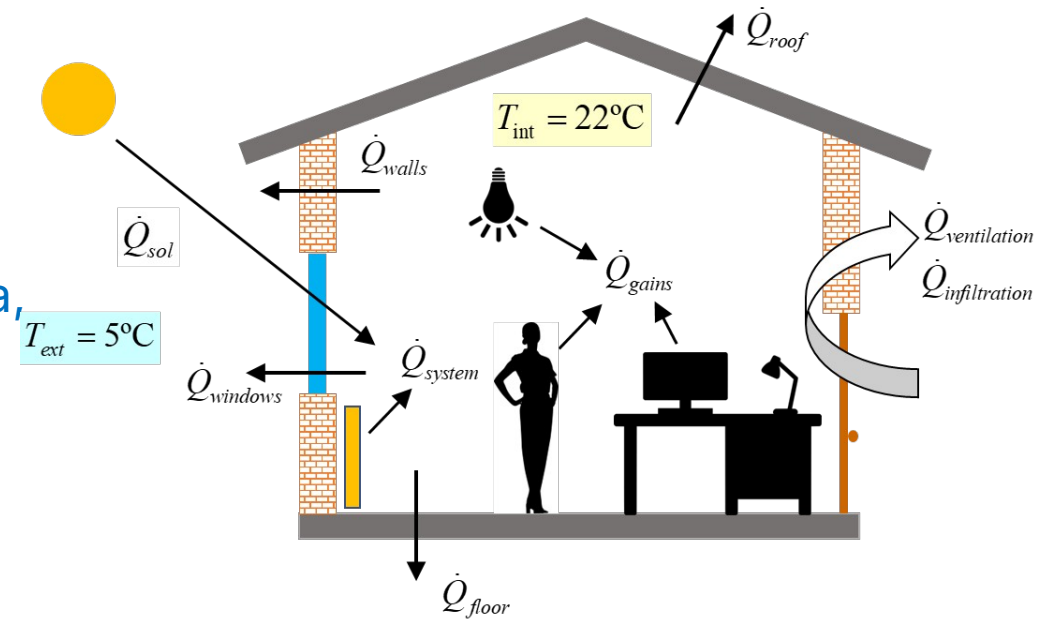
Lesson 19 contents



19.1 Įvadas

Šilumos siurblio galios pasirinkimas apibrėžiamas kaip maksimalios arba pikinės galios, reikalingos patalpų komfortui palaikyti nustatytais projektinėmis (ekstremaliomis) sąlygomis, nustatymo.

- Pastatai nuolat esą šilumos mainuose su aplinka (pagrindė šilumos atidavimas), ventiliacija, saulės spinduliuotė ir vidiniai šilumos šaltiniai. Kai kurie iš šių srautų padidina patalpų temperatūrą, o kiti ją sumažina, o jų kryptis gali keistis priklausomai nuo lauko sąlygų. Šilumos srautai gali būti skirstomi į jutiminius, kurie veikia oro temperatūrą, ir latentinius, kurie veikia oro drėgmę.
- Įrenginio dydžio parinkimo tikslas yra užtikrinti, kad šilumos siurblys galėtų kompensuoti bendrą visų šilumos nuostolių ar pritekėjimų poveikį sudėtingiausiomis sąlygomis, taip išvengiant per didelių įrenginių, kurie sumažintų sistemos efektyvumą.



19.2 Didžiausia apkrova ir šiluminė paklausa

Svarbu atskirti:

Didžiausia šiluminė apkrova: didžiausia reikalinga momentinė šildymo arba vėsinimo galia, kW

- Šiluminė paklausa (poreikis): kaupiamoji energija, reikalinga laikui bėgant, kWh.

Didžiausios apkrovos lemia įrangos, reikalingos patalpų komfortui palaikyti ekstremaliomis sąlygomis, dydį (talpą), o šilumos poreikis yra susijęs su metiniu energijos suvartojimu.

Įprasta, kad didžiausia šildymo sistemos galia išnaudojama tik nedidelę laiko dalį: didžiausia šiluminė paklausa būna tik keliomis šalčiausiomis metų valandomis. Tinkamas dydis užtikrina, kad šilumos siurblys galėtų atitikti šiuos poreikius ir nebūtų per didelis dirbant normaliomis sąlygomis.

ADD FIGURE ABOUT THESE CONCEPTS

19.3 Didžiausia patalpų šildymo apkrova

Didžiausia patalpų šildymo apkrova yra maksimalus pastato šilumos nuostolių greitis šalčiausią projektavimo dieną. Ji priklauso nuo izoliacijos lygio, sandarumo, vėdinimo greičio ir lauko projektinės temperatūros, kuri statistiškai apibrėžiama kiekvienam klimatui.

Didžiausia šildymo apkrova paprastai išreiškiama kilovatais (kW) arba vatais vienam kvadratiniam metrui grindų ploto (W/m^2)

- Kitoje lentelėje pateikiamos kelios orientacinės vertės; oficialūs skaičiavimai turi atitikti tokius standartus kaip EN 12831, nes supaprastintos W/m^2 taisyklės tik suteikia greitą preliminarų įvertinimą. Rinka siūlo programinę įrangą, leidžiančią

Konstrukcijos tipas	Didžiausia šildymo apkrova (design)
Naujas namas (aukšta izoliacija, kodai po 2000 m.)	30–50 W/m^2
1990-ųjų standartinis namas	40–60 W/m^2
Senesnis namas su tam tikra izoliacija	60–100 W/m^2
Senas, neapšiltintas namas	120 W/m^2

- Lentelėje pateiktos vertės pritaikytos Vidurio Europos klimatui. Didžiausia šildymo apkrova pastatams švelnesniame klimate bus apatinėje diapazono dalyje, o aukštesnė – šaltesniam klimatui ar prastai izoliuotoms konstrukcijoms. Pavyzdžiui, neapšiltintam senesniam namui šaltame klimate gali prireikti maždaug 120 W/m^2 , tačiau tam pačiam namui Viduržemio jūros klimato sąlygomis poreikis būtų mažesnis, galbūt apie $70\text{--}80 \text{ W/m}^2$. Ir atvirkščiai, modernus gerai apšiltintas namas šiltame klimate gali siekti 30 W/m^2 arba arčiau 50 W/m^2 šaltesniame klimate. Itin efektyvūs projektai, tokie kaip pasyvūs namai, apriboja šilumos apkrovas iki maždaug $10\text{--}15 \text{ W/m}^2$.

19.4 Didžiausia buitinio karšto vandens apkrova

- Be patalpų šildymo, gyvenamųjų namų šilumos siurbliai dažnai reikalingi pašildyti buitinį vandenį.
- Kaip aprašyta 16 pamokoje, vandens šildymas turi savo didžiausios apkrovos charakteristikas, pvz., ryte vienu metu naudojami keli dušai arba karšti čiaupai. Tačiau karšto vandens apkrovos bus tvarkomos kaupiant karštą vandenį rezervuare, taip sumažinant didžiausią šilumos siurblio šiluminės galios poreikį. Užuoat patenkinęs momentinį didžiausią srautą su neapdorota šilumos siurblio galia, šilumos siurblys gali iš anksto pašildyti vandens kiekį. Taigi karšto vandens dydis yra labiau susijęs su dienos energija (kWh) ir kaupimo talpa, o ne momentiniu kW.
- **Kalbant apie šilumos siurblio dydį, karštas vanduo retai diktuoja didžiausią apkrovą,** nes šilumos siurblys gali veikti ilgiau, kad pripildytų rezervuarą. **Pagrindinis dėmesys skiriamas pakankamam rezervuarui (ir galbūt ele) užtikrinimui, kad būtų galima padengti piko naudojimo laikotarpius.** Šilumos siurblys iš esmės keičia savo galią laikui bėgant: nuolat gamina karštą vandenį mažesniu greičiu, kad būtų pasiektas energijos tikslas, o ne patenkina visą vienu metu naudojamą kiekį.
- (P, V) poros pasirinkimo metodai buvo išsamiai aprašyti 16 pamokoje, kartu su tipiniais dizainais.

Daugiau informacijos: skaitykite 19.4 skyrių.

19.5 Didžiausia patalpų aušinimo apkrova

Didžiausia aušinimo apkrova yra didžiausias šilumos padidėjimo greitis, kurį reikia pašalinti, kad būtų išlaikytas komfortas karščiausią projektavimo dieną. Aušinimo apkrovoms didelę įtaką daro saulės spinduliuotė, orientacija, stiklinimas, šešėlis, vidinis padidėjimas ir šiluminė masė.

- Toliau pateiktoje lentelėje pateikiamos kelios orientacinės vertės; Skirtingai nuo šildymo, aušinimo apkrovos labai priklauso nuo laiko, o pastovios būsenos skaičiavimai linkę pervertinti maksimumus. Dinaminis modeliavimas duoda tikslesnius rezultatus, nors preliminariam projektavimui dažnai naudojami supaprastinti orientaciniai diapazonai

Europos zona	Reprezentatyvūs regionai	Tipinė didžiausia aušinimo apkrova (W/m ²)	Notes
Šaltas / Šiaurės	Skandinavija, Baltijos šalys, Šiaurės Jungtinė Karalystė	0–20 W/m ²	Vėsinimas dažnai nereikalingas; tik išimtiniais atvejais (didelis saulės energijos kiekis).
Vėsus–vidutinio klimato	Vokietija, Nyderlandai, Belgija, Šiaurės Prancūzija	20–40 W/m ²	Vėsinimas dažnai nereikalingas; daugiausia dėl saulės energijos ir retkarčiais pasitaikančių karščio bangų
Vidutinio klimato / Centrinė	Centrinė Prancūzija, Šveicarija, Austrija	30–50 W/m ²	Vidutinės vasaros apkrovos; šešėlis ir šiluminė masė stipriai veikia maksimumą
Šilta–vidutinio klimato	Šiaurės Italija, Šiaurės Ispanija, Pietų Prancūzija	40–70 W/m ²	Dažnai reikalingas vėsinimas; saulės kontrolė tampa svarbi
Viduržemio jūros regionas	Ispanija, Graikija, Pietų Italija, Pietų Portugalija	60–90 W/m ²	Vėsinimas dažnai dominuoja dizaine; didelė priklausomybė nuo šešėliavimo ir stiklinimo
Karštas Viduržemio jūros regionas	Pietų Ispanija, Sicilija, Kipras	80–110 W/m ²	Didelis saulės energijos kiekis; vertės artimos viršutinei ribai be šešėliavimo arba su aukštais stiklinimo elementais

19.6 Šiluminis poreikis patalpoms šildyti

19.7 Šiluminis poreikis patalpų vėsinimui

Šie du skyriai yra **neprivalomi**, tačiau labai įdomūs jūsų tobulėjimui:

19.6 skyriuje pristatoma šildymo laipsnių dienų sąvoka ir parodyta, kaip naudoti šį klimato indeksą vieno pastato šildymo poreikiui įvertinti

19.7 skyriuje pristatomos aušinimo laipsnių dienos, analogiška aušinimo poreikio koncepcija, ir aptariamos jos ribos.



Co-funded by
the European Union



19.8 Šilumos siurblio galios pasirinkimas

- Šilumos siurblio dydis nustatomas pagal didžiausią šildymo apkrovą (P_h) ir, jei taikoma, didžiausią vėsinimo apkrovą (P_c). Pasirinktas galingumas turi būti bent jau lygus didesniai iš dviejų, kad

$$CAP_{HP} \geq \max(P_h, P_c)$$

Dominuojanti apkrova priklauso nuo klimato: šaltesniuose regionuose vyrauja šildymas, o šiltesniuose - vėsinimas.

Oro šilumos siurbliams nominalaus pajėgumo nepakanka. Turima galia skiriasi priklausomai nuo lauko oro temperatūros ir tiekiamo vandens temperatūros ir gali žymiai sumažėti projektinėmis žiemos ar vasaros sąlygomis.

- Todėl galutinis pasirinkimas turi būti pagrįstas gamintojo eksploatacinių savybių duomenimis projektinėje lauko temperatūroje ir reikiamoje tiekimo temperatūroje (tiek šildymui, tiek vėsinimui), kad ekstremaliomis sąlygomis būtų išvengta per mažo dydžio ir komforto praradimo

Pavyzdys: Pasirinkite šilumos siurblį oras/vanduo 150 m² gyvenamajam namui, esančiam Kaune. Apskaičiuota, kad didžiausia šildymo apkrova yra 40 W/m² (naujas namas su labai mažomis sąnaudomis)

1 žingsnis. Apskaičiuota, kad didžiausia šildymo apkrova yra 40 W/m², todėl projektinė šildymo galia yra

$$P_h = 150 \text{ m}^2 \times 40 \text{ W/m}^2 = 6000 \text{ W} = 6 \text{ kW}$$

19.8 Šilumos siurblio galios pasirinkimas

2 žingsnis. Nustatykite ekstremalias darbinės temperatūras, kurias patirs šilumos siurblys.

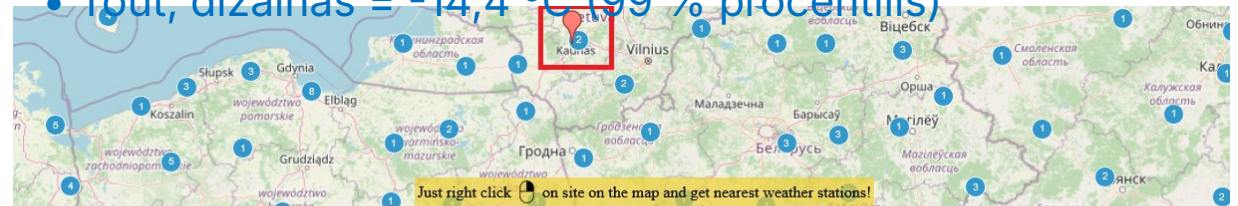
Mes žiūrime į dvi medalio puses:

- Apkrovos pusė (vanduo): *Maksimali išeinančio vandens temperatūra nustatyta 55 °C karšto vandens gamybai. Patalpų šildymui projektinė tiekimo temperatūra yra 45 °C.*

- Šaltinio pusė (lauko oras): *Šildymo projektinė būklė nustatoma pagal žemesnę lauko sauso oro temperatūrą regione. Šią temperatūrą galima gauti iš nacionalinių projektavimo gairių arba tarptautiniu mastu pripažintų duomenų rinkinių, tokių kaip ASHRAE klimato projektavimo informacijos duomenų bazė (<https://ashrae-meteo.info/v3.0/>)*

Kaunui (paveikslėlis) (ASHRAE) rodo du dažniausiai naudojamus žemos temperatūros procentilius šildymo projektavimui:

- T_{out}, dizainas -17,9°C (99,6% procentilis; konservatyvesnis)
- T_{out}, dizainas = -14,4 °C (99 % procentilis)



2025 ASHRAE Handbook - Fundamentals (SI)

KAUNAS, LITHUANIA (WMO: 266290)

Lat: 54.8334N Lon: 23.8349E Elev: 77 StdP: 100.40 Time zone: 2.00 (EUE) Period: 1999-2023 Grade: A WBAN: 99999

Annual Heating, Humidification, and Ventilation Design Conditions

Coldest Month	Heating DB		Humidification DP/MCDB and HR						Coldest month WS/MCDB				MCWS/PCWD to 99.6% DB		WSF
			99.6%			99%			0.4%		1%				
	99.6%	99%	DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	WS	MCDB	WS	MCDB	MCWS	PCWD	
1	-17.9	-14.4	-20.1	0.6	-17.1	-17.1	0.8	-13.7	10.9	0.4	10.0	-1.0	1.9	10	0.560

Annual Cooling, Dehumidification, and Enthalpy Design Conditions

Hottest Month	Hottest Month DB Range	Cooling DB/MCWB						Evaporation WB/MCDB						MCWS/PCWD to 0.4% DB	
		0.4%		1%		2%		0.4%		1%		2%			
		DB	MCWB	DB	MCWB	DB	MCWB	WB	MCDB	WB	MCDB	WB	MCDB	MCWS	PCWD
7	9.4	28.9	20.2	27.1	19.2	25.4	18.2	21.3	26.8	20.2	25.2	19.2	23.7	3.5	150
Dehumidification DP/MCDB and HR															
0.4%		1%		2%		Enthalpy/MCDB						Extreme Max WB			
DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	DP	HR	MCDB	Enth	MCDB	Enth		MCDB	Enth	MCDB
19.5	14.4	23.9	18.5	13.4	22.6	17.5	12.6	21.7	62.3	26.8	58.4		25.3	55.2	23.7



Co-funded by
the European Union



19.8 Šilumos siurblio galios pasirinkimas

3 žingsnis. Apibrėžkite, ko reikia iš šilumos siurblio

Kadangi siurblys, kurio šaltinis yra oras, praranda galią nukritus lauko temperatūrai ir kadangi karštam vandeniui reikia aukštesnės vandens temperatūros, pasirinkimas turėtų būti atliekamas tikrinant gamintojo duomenis A–15/W₄₅ (patalpų šildymas) ir A–15/W₅₅ (karštas vanduo) arba artimiausiuose paskelbtuose taškuose.

Praktiškai protingas kriterijus galėtų būti:

Užtikrinkite $CAP_{HP}(T_{air} \approx -15^{\circ}C, T_{water} = 45^{\circ}C) \geq 6 \text{ kW}$

Pridėkite nedidelę neapibrėžtumo ir atitirpinimo ciklą poveikio ribą (pvz., 10–20 %), orientuodamiesi į maždaug 7 kW galią projektavimo taške.

4 žingsnis. Pasirinkite komercinį šilumos siurblį

Šiam pritaikymui tinkamas šilumos siurblio pavyzdys yra "Mitsubishi Electric PUD-SWM80VAA oras-vanduo šilumos siurblys. Esant projektinėms sąlygoms A–15/W₄₅, turima šildymo galia yra 6,6 kW, kurios pakanka visiškai padengti projektinę šildymo apkrovą be papildomo šildymo standartinėmis žiemos sąlygomis. Įrenginys taip pat gali tiekti 55 °C vandenį, buitiniams reikmėms, kai prijungtas prie hidrokomplekto ir akumuliacinio rezervuaro

PUD-SWM80VAA(-BS)				PUD-SWM80YAA(-BS)											
Water outlet temperature [°C]		25		35		40		45		50		55		60	
Ambient temperature [°C]		Capacity	COP	Capacity	COP	Capacity	COP	Capacity	COP	Capacity	COP	Capacity	COP	Capacity	COP
Max	-25	-	-	5.0	1.70	4.9	1.55	4.7	1.44	-	-	-	-	-	-
	-20	-	-	6.7	2.20	6.6	1.95	6.4	1.70	6.2	1.45	-	-	-	-
	-15	-	-	7.3	2.50	7.0	2.25	6.6	2.00	6.7	1.75	6.8	1.55	-	-
	-10	8.5	3.50	7.6	2.99	7.5	2.65	7.3	2.35	7.3	2.00	7.2	1.91	-	-
	-7	9.4	3.60	8.8	3.00	8.6	2.75	8.4	2.45	8.3	2.10	8.0	1.95	7.2	1.55
	2	9.9	3.90	9.3	3.30	9.1	3.00	8.8	2.65	8.8	2.30	8.2	1.80	8.0	1.70
	7	9.6	5.40	8.9	4.60	8.6	4.05	8.2	3.45	7.9	3.10	7.5	2.55	6.8	2.30
	12	10.4	6.35	9.9	5.45	9.7	4.80	9.5	4.10	9.1	3.60	8.6	3.10	7.7	2.70
	15	10.7	6.95	10.4	5.85	10.2	5.20	10.0	4.50	9.5	3.85	9.0	3.45	8.0	2.95
	20	10.9	7.90	10.8	6.70	10.6	5.95	10.4	5.15	10.2	4.45	9.7	3.70	9.1	3.45
Nominal	-25	-	-	5.0	1.70	4.9	1.55	4.7	1.44	-	-	-	-	-	-
	-20	-	-	6.7	2.20	6.6	1.95	6.4	1.70	6.2	1.45	-	-	-	-
	-15	-	-	7.3	2.50	7.0	2.25	6.6	2.00	6.7	1.75	6.8	1.55	-	-
	-10	8.0	3.55	7.6	2.99	7.5	2.65	7.3	2.35	7.3	2.00	7.2	1.91	-	-
	-7	8.0	3.70	8.0	3.10	8.0	2.80	8.0	2.45	8.0	2.10	8.0	1.95	7.2	1.55
	2	8.0	4.35	8.0	3.55	8.0	3.15	8.0	2.75	8.0	2.40	8.0	1.82	8.0	1.70
	7	6.0	5.65	6.0	4.76	6.0	4.20	6.0	3.65	6.0	3.20	6.0	2.65	6.0	2.40
	12	6.0	6.45	6.0	5.35	6.0	4.80	6.0	4.25	6.0	3.65	6.0	3.10	6.0	2.75
	15	6.0	7.05	6.0	5.95	6.0	5.25	6.0	4.55	6.0	3.95	6.0	3.45	6.0	2.95
	20	6.0	8.05	6.0	6.90	6.0	6.05	6.0	5.15	6.0	4.55	6.0	3.75	6.0	3.40



Co-funded by
the European Union



20 UŽSIĖMIMAS

Sistemų integravimo ir valdymo strategijos



Co-funded by
the European Union

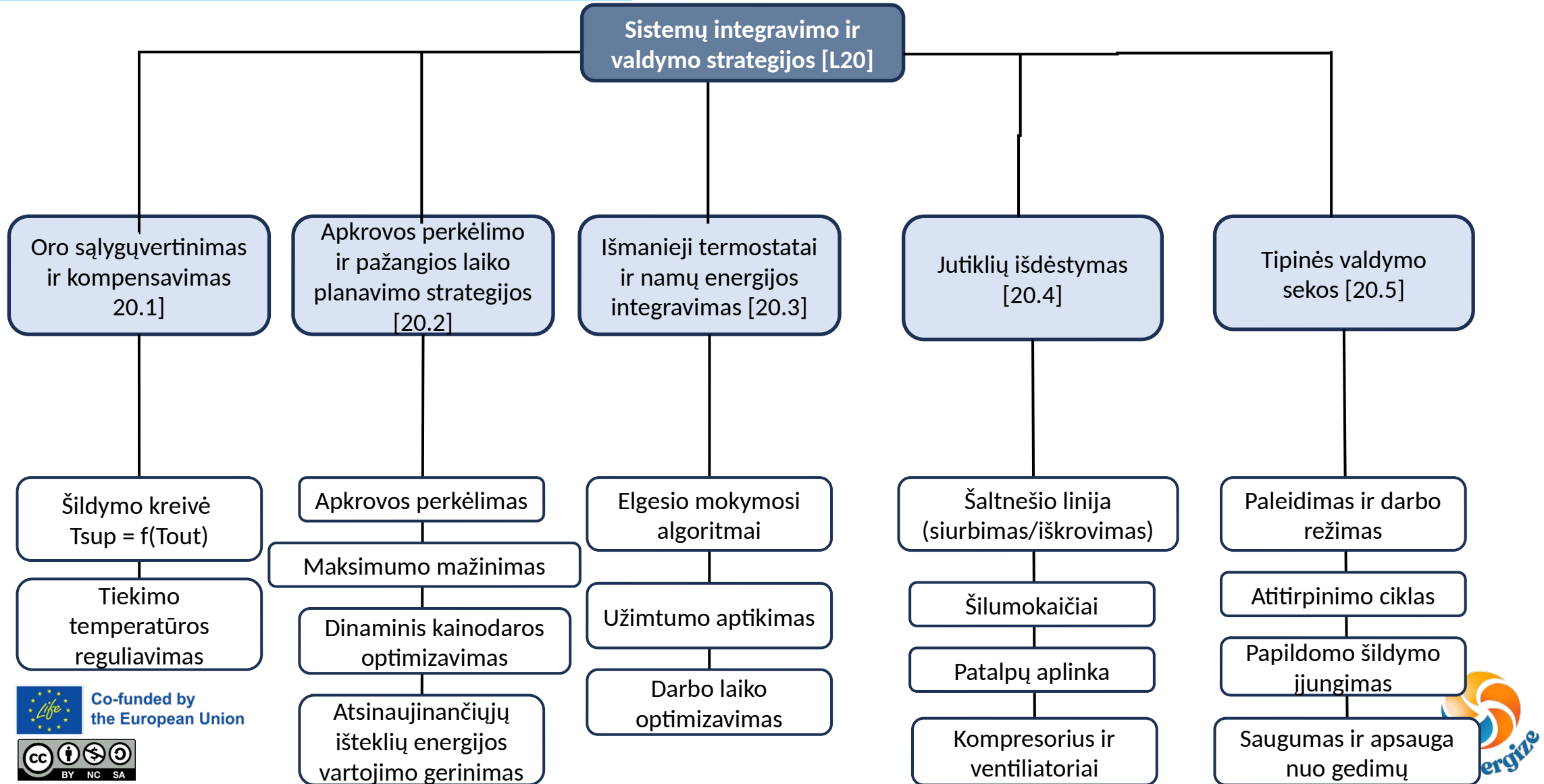


20 užsiėmimo tikslai

Šio užsiėmimo pabaigoje dalyviai galės:

1. Suprasti priežiūros/kontrolės funkciją šilumos siurblių įrenginiuose.
2. Paaiškinti, kaip oro kompensacija keičia tiekiamo vandens temperatūrą atsižvelgiant į lauko sąlygas
3. Analizuoti apkrovos paskirstymo, max galios mažinimo ir ekonomišką valdymo strategijų taikymą praktikoje
4. Apibūdinti išmaniųjų termostatų vaidmenį optimizuojant sistemos darbą
5. Nustatyti jutiklių išdėstymo svarbą atsižvelgiant į sistemos našumą
6. Atpažinti tipines šilumos siurblių veikimo valdymo sekas

20 užsiėmimo turinys



20.1 Oro sąlygų kompensavimas (lauko sąlygų kontrolė)

Pagrindinis principas

Tiekimo temperatūra nėra pastovi.

$$T_{sup} = f(T_{out})$$

Valdymo mechanizmas

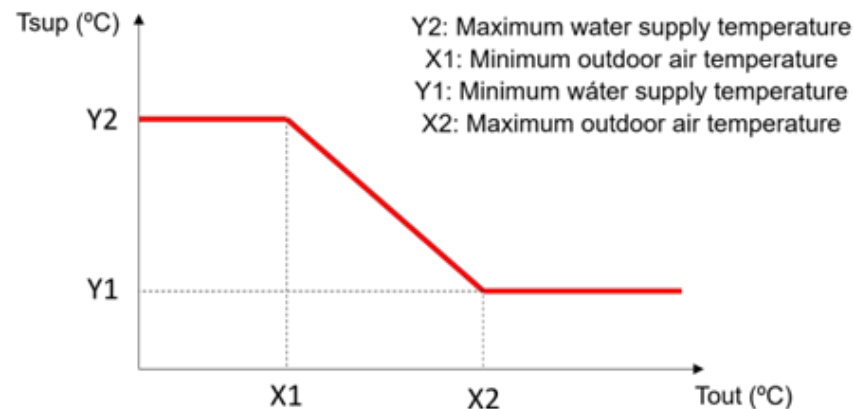
Lauko jutiklis sumontuotas ant fasado ar lauko bloko

- Šildymo kreivė apibrėžia reikiamą tiekimo temperatūrą
- Nustatyta vertė taikoma:
 - Akumuliacinei talpai
 - Tiesioginiam šildymo kontūrai

Inžinerinis poveikis

Žemesnė kondensacijos temperatūra, kai leidžia lauko sąlygos

- Sumažintas temperatūros pakėlimas
- Patobulintas sezoninis COP
- Stabilus patalpų komfortas su sumažintu įrenginio ciklų skaičiumi



Co-funded by
the European Union



Dizaino patobulinimai → šilumos atidavimo įrenginiai turi efektyviai veikti esant kintamai tiekiamo vandens temperatūrai..



20.2 Apkrovos perkėlimas ir išmaniosios laiko valdymo strategijos.

Šilumos siurbliai gali suteikti sistemai energijos paskirstymo lankstumo.

Šiluma tampa kontroliuojamu kaupimo vektoriumi.

1. **Apkrovos perkėlimas**

- Įgalina dirbti žemo elektros tarifo laikotarpiais.
- Iš anksto įkrauti šiluminės energijos kaupiklį (TES)
- Sumažinti apkrovas piko valandomis

2. **Piko galios mažinimas**

- Stebėti elektros importą/eksportą tinkle
- Riboti maksimalios galios mainus su tinklu

3. **Sąnaudomis pagrįstas optimizavimas**

- Operacija, susijusi su dinamine elektros energijos kainodara

4. **Atsinaujinančiųjų išteklių integracija**

- Sekti PV gamybą
- Sekti likutinę elektros tinklo apkrovą
- Didinti energijos iš atsinaujinančiųjų išteklių vartojimą



Co-funded by
the European Union



20.3 Išmanieji termostatai ir namų energijos integracija

Funkcinės charakteristikos

- Interneto ryšys
- Vartotojo elgsenos mokymosi algoritmai
- Patalpų užimtumo aptikimas
- Optimizavimas pagal laiką remiantis elektros kainodara

Sistemos integracija

- Ryšys su šilumos siurblio valdikliu
- Integracija su išmaniosiomis namų sistemomis
- Reagavimas realiu laiku į elektros kainos rinkos pokyčius

Išmanieji termostatai pristato adaptyvų valdymą

Sistemos valdymas kinta, kontrolė pereina nuo reaktyvaus prie prognozuojamojo.

Eksploatacinis pranašumas

- Numatomas temperatūros reguliavimas
- Sumažintas nereikalingas veikimas
- Geresnis komforto ir energijos suvartojimo balansas

20.4 Jutiklių išdėstymas

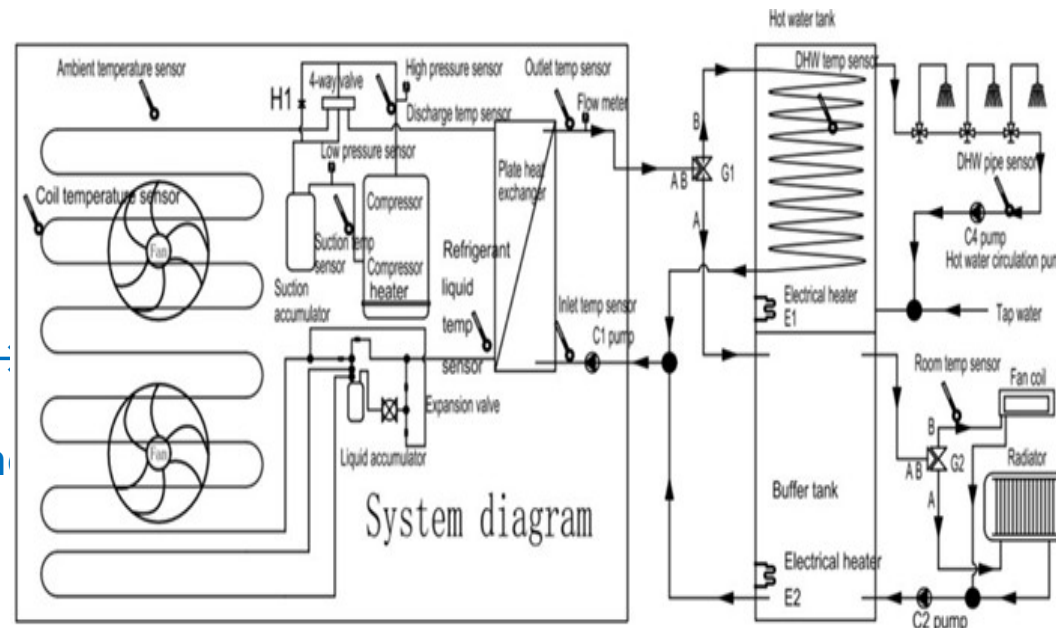
Kontrolės kokybė priklauso nuo matavimo kokybės

1. Šaltnešio grandinė

- Siurbimo kontūras → perkaitimo valdymas
- Išleidimo kontūras → kompresoriaus apsauga

2. Šilumokaičiai

- Lauko ritės temperatūros → atitirpinimo valdymas
- Vandens įleidimo / išleidimo temperatūros → našumo stebėjimas



3. Patalpų aplinka

- Grįžtamojo oro temperatūra
- Drėgmė (jei taikoma)

4. Mechaniniai komponentai

- Vibracijos jutikliai
- Srovės jutikliai

5. Teisingas jutiklio išdėstymas leidžia:

- optimizuoti efektyvumą
- atlikti išankstinius remontus
- iš anksto aptikti gedimus

20.5 Tipiškos valdymo sekos ir veikimas

1. **Paleidimo seka**

- Termostato reikalingumo patikrinimas
- Kompresoriaus ir siurblio įjungimas
- Plėtimo vožtuvo moduliacija

2. **Atitirpinimo ciklas (oro šaltinio sistemos)**

- Įtakoja ritės temperatūra ir slėgis
- Atbulinės eigos vožtuvo įjungimas
- Laikinas šildymo ciklo nutraukimas

3. **Papildomas šildymas**

- Įjungiamas esant žemesnei nei balansinė darbo temperatūra
- Elektrinis kaitinimo elementas arba hibridinis palaikymas

4. **Apsaugos sistemos**

- Aukšto / žemo slėgio aptikimas/išjungimas
- Apsauga nuo viršsrovių

- efektyvumą
- apsaugoti įrangą
- užtikrinti šiluminį komfortą

5. **Kontrolė įgalina įtakoti:**

21 UŽSIĖMIMAS

Integracija su kitomis atsinaujinančios
energijos technologijomis

21 užsiėmimo tikslai

Šio užsiėmimo pabaigoje dalyviai galės:

Suprasti fotovoltinių ir šilumos siurblių hibridizacijos principus

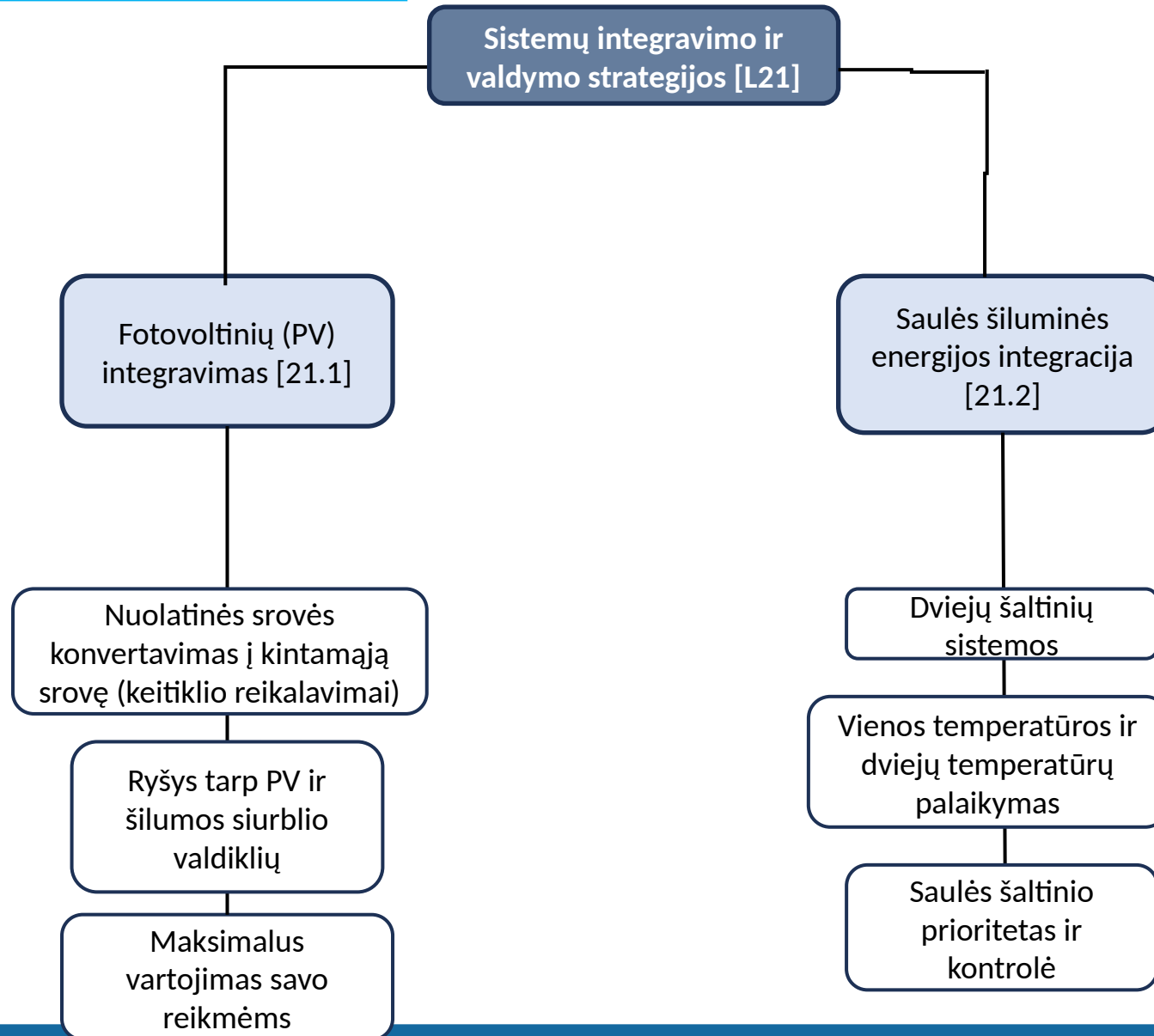
Išanalizuoti sezoninę fotovoltinės energijos gamybos ir šilumos paklausos sąveiką

Įvertinti elektros ir šilumos kaupimo vaidmenį

Apibūdinti saulės šaltinių šiluminę integraciją su šilumos siurbliais

1. Nustatyti pagrindinius hibridinių sistemų valdymo ir mastelio nustatymo aspektus

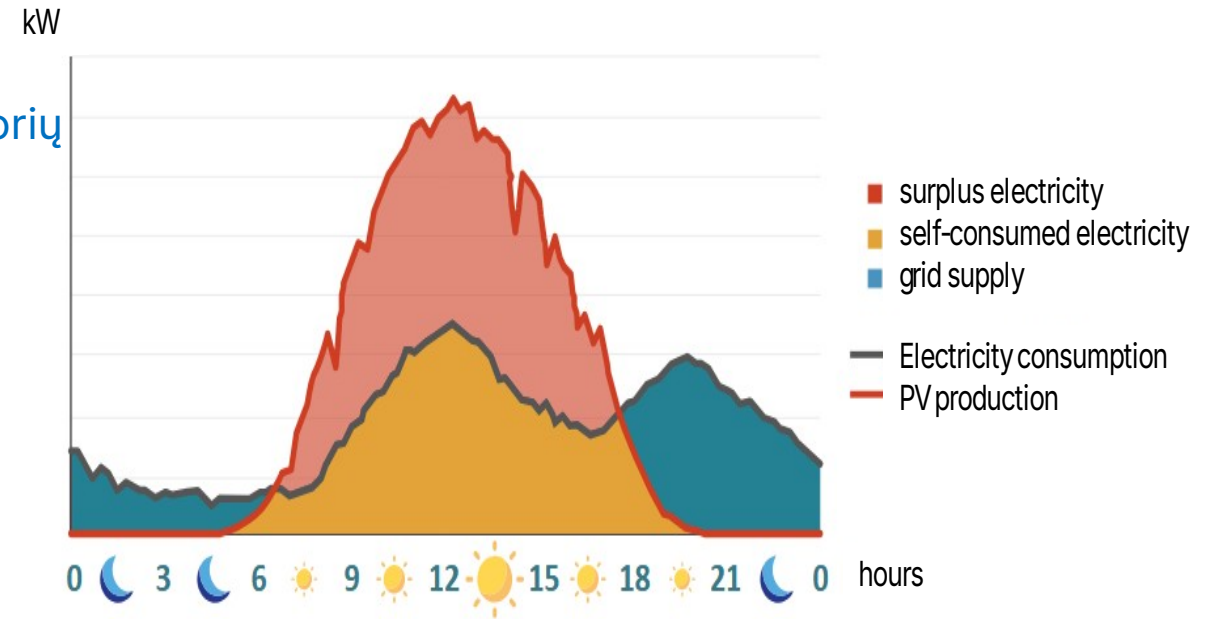
Lesson 21 contents



21.1 PV integracija

1. **Elektrinė sąsaja**
 2. Šilumos siurbliai veikia su kintamąja srove (AC)
 3. Saulės fotovoltinės (PV) plokštės generuoja nuolatinę srovę (DC)
 4. Reikalingas keitiklis DC → AC konversijai
 - Namų PV sistemos jau turi įmontuotą keitiklį ir reguliatorių
-
2. **Ryšys ir valdymas**
 3. Išmaniųjų tinklų sąsajos
 4. Fizinis signalas (laisvos įtampos kontaktas)
 - Magistralės/ tinklo ryšio protokolai

Hibridizacija yra ne tik elektrinė, bet ir algoritminė



21.1 PV integracija

1. Dienos apkrovos neatitikimas

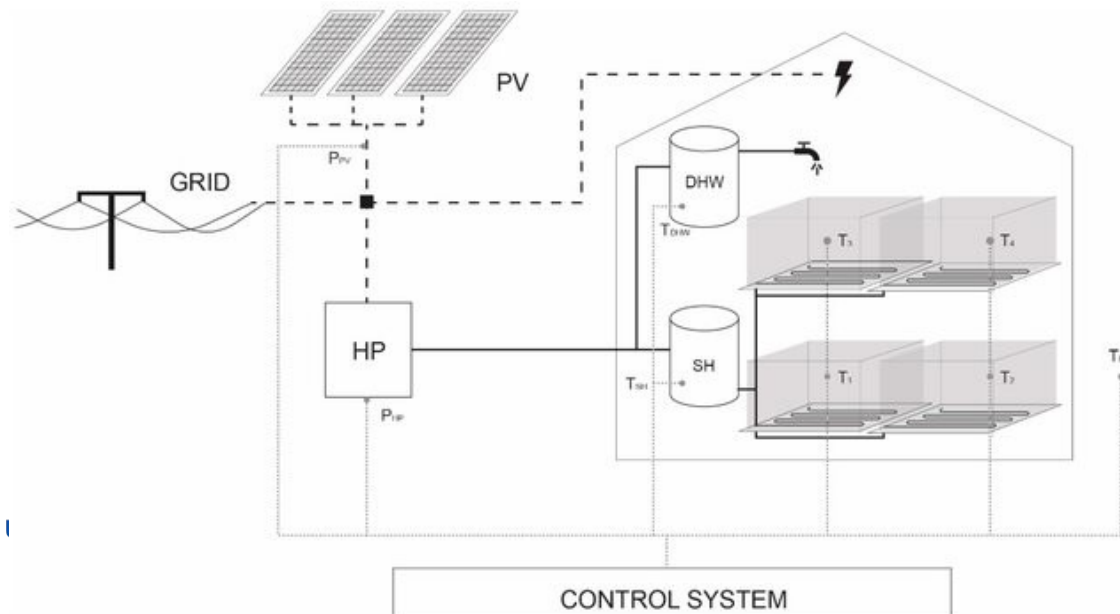
- 2. PV gamybos pikas vidurdienį
- Gyvenamųjų namų paklausos pikas ryte/vakare

2. Sezoniškumas

- 3. Vasara: vėsinimo poreikis atitinka fotovoltinės energijos gamybą
- Žiema: šildymo poreikis prastai suderintas su PV piku

3. Kaupimo vaidmuo

- Be kaupimo:
 - Į tinklą tiekiamos elektros energijos perteklius
 - Ribotas vartojimas savo reikmėms
- Su kaupimu:
 - Baterijos → elektros kaupimas
 - Šilumos akumuliacija → karšto vandens/akumuliaciniai rezervuarai
 - Pastato šiluminė inercija → paklausos lankstumas



Šilumos kaupimas dažnai yra ekonomiškiausias sprendinys

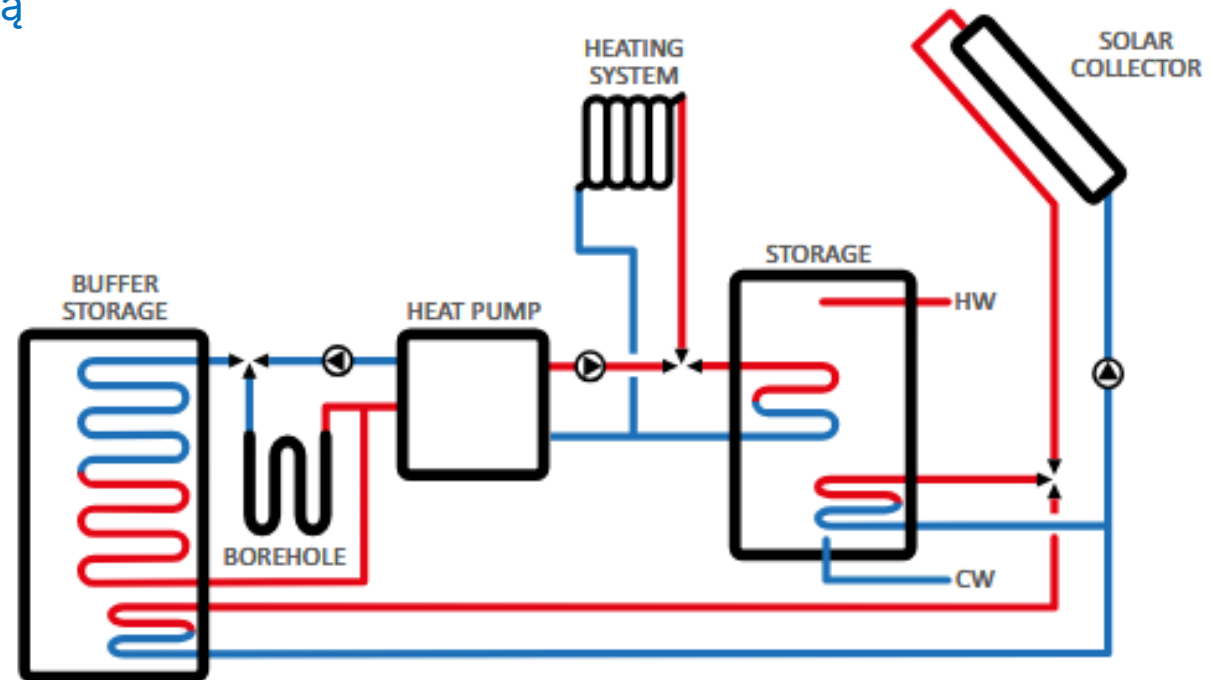
21.2 Saulės šilumos integracija

1. Sistemos architektūra

2. Saulės kolektoriai užkrauna šiluminę saugyklą
3. Šilumos siurblys teikia papildomą šilumą
 - Tipinė saugykla: 100–300 l vienam būstui

2. Kaupimo konfigūracijos

- Vienos temperatūros rezervuaras
- Dviejų T lygių saugykla:
 - Aukšta temperatūra (karštas vanduo)
 - Žema temperatūra (patalpų šildymas)



Saulės energija sumažina kompresoriaus veikimo laiką

21.2 Saulės šiluminė integracija

1. Valdymo hierarchija

2. 1. Lyginama kolektoriaus ir rezervuaro temperatūros
3. 2. Jei $\Delta T \geq 7 \text{ }^{\circ}\text{C}$ → akumuliuojama saulės šilumos energija
- 3. Jei rezervuare temperatūra mažesnė už nustatytą vertę → įjungiamas šilumos siurblys

2. Paklausos prioritetų nustatymas

3. Karšto vandens poreikis paprastai turi pirmenybę
- Šildymas palaikomas, kai nepakanka saulės energijos

3. Dizaino rekomendacijos

4. Vengti PV sistemų pervertinimo (per didelės galios)
5. Suderinti šilumos siurblio galią su šilumos poreikiu
- Subalansuoti įrengimo kaštus ir sau vartojimo rodiklį

Hibridinėms sistemoms reikalingas koordinuotas valdymas, o ne nepriklausomos posistemės.

22 UŽSIĖMIMAS

Geoterminės sistemos



Co-funded by
the European Union



22 užsiėmimo tiklai

Šio užsiėmimo pabaigoje dalyviai galės:

Suprasti geoterminių šilumos siurblių veikimo principą

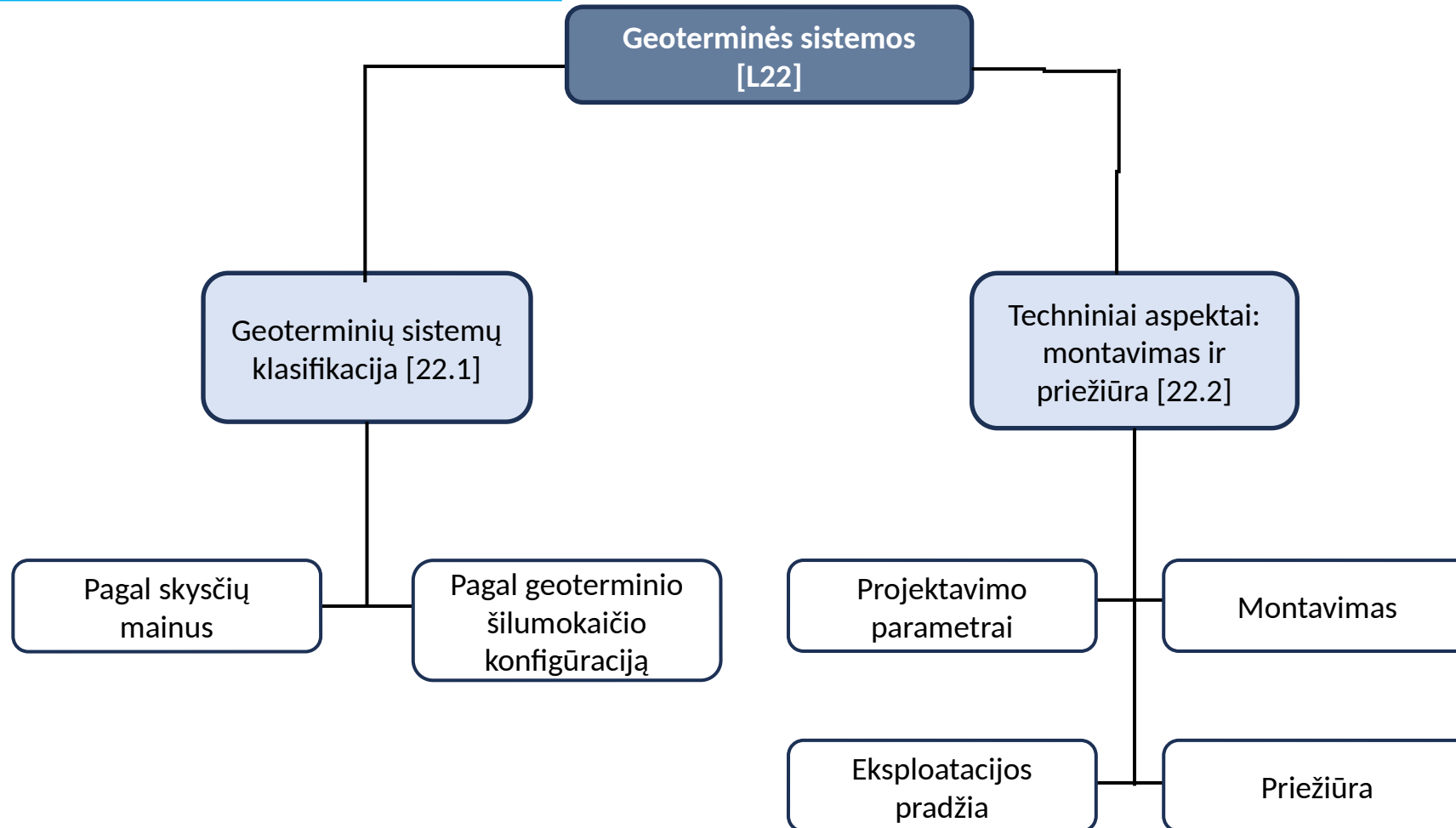
Paaiškinti, kodėl žemės temperatūros stabilumas pagerina sistemos efektyvumą

Klasifikuoti geotermines sistemas (uždaro/atviro ciklo)

Atskirti vertikalius ir horizontalius geoterminius šilumokaičius

1. Nustatyti montavimo ir priežiūros reikalavimus

Lesson 22 contents



22.1 Geoterminių sistemų klasifikacija

1. Veikimo principas

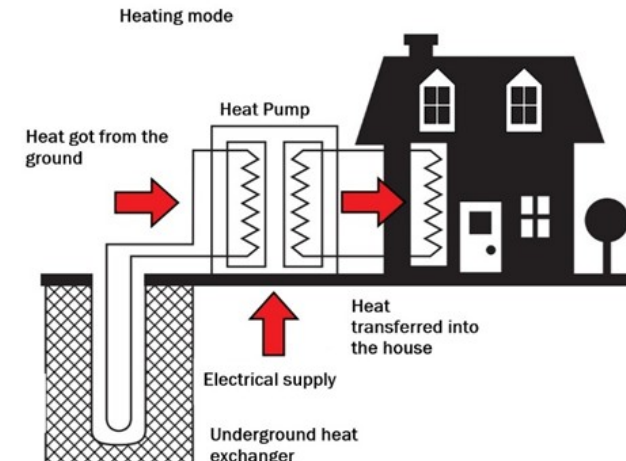
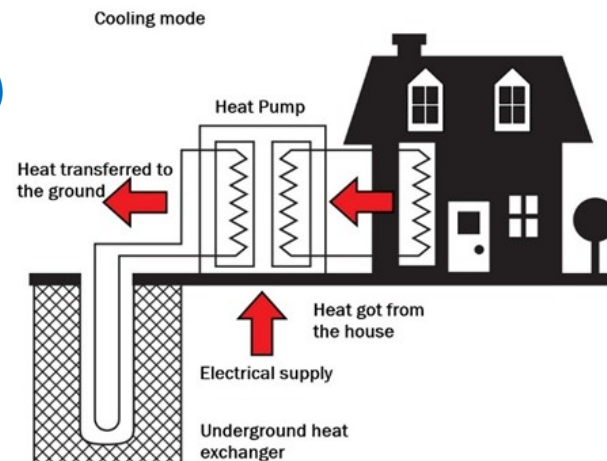
- Žemės temperatūra išlieka stabili ($\approx 3\text{--}22\text{ }^{\circ}\text{C}$)
- Žiema $\rightarrow$ žemė veikia kaip šilumos šaltinis
- Vasara $\rightarrow$ žemė veikia kaip radiatorius
- Mažesnis temperatūrų skirtumas, palyginti su oro šaltinio sistemomis

2. Uždaro ciklo sistemos

- Nėra skysčių mainų su aplinka
- Didelio tankio polietileno vamzdynai
- Anti-užšalimo mišiniai (propilenglikolis)
- Sandari sistema, mažai priežiūros

3. Atviro ciklo sistemos

- Požeminio vandens gavyba/naudojimas
- Vandens pakartotinis įpurškimas arba išleidimas
- Jautrus vandens kokybei (mineralams, rūgštingumui)



22.1 Geoterminių sistemų klasifikacija

1. **Vertikalūs gręžiniai**

- 2. Kompaktiškas plotas
- 3. Plastikinis U formos vamzdis, įkištas į išgręžtą gręžinį
 - Termiškai patobulintas skiedinys pagerina šilumos mainus

2. **Spiraliniai gręžiniai**

- 3. Didesnis mainų paviršius
 - Montuojami vertikaliai

3. **Horizontalios sistemos**

- 4. Tranšėjos nedideliame gylyje
- 5. Didesnis žemės poreikis
 - Paviršiaus temperatūros svyravimų įtaka

4. **Slinky kontūro konfigūracija**

Plokšti spiraliniai vamzdžiai

- Montuojamas tranšėjose ar tiesiog duobėse
- Optimizuotas ribotam paviršiaus plotui

22.2 Geoterminių sistemų įrengimo ir priežiūros techniniai aspektai

1. **Vertikalios sistemos**

2. Gręžinio skersmuo: 110–165 mm
 3. Nedelsiant po gręžimo įkišamas zondas
 4. Užpildymas skiediniu (smėliu, bentonitu, cementu)
- Šiluminis kontaktas su aplinkiniu dirvožemiu kritiškai svarbus

2. **Horizontalios sistemos**

3. Tranšėjos paruošimas ir išlyginimas
 4. Smėlio paklotas vamzdžių apsaugai
 5. Smulkiagrūdis užpildas
- Venkite asfaltuotų paviršių virš šilumokaičio



22.2 Geoterminių sistemų įrengimo ir priežiūros techniniai aspektai

1. Sistemos paleidimas

2. Vandens praplovimas po slėgiu
3. Oro pašalinimas
4. Slėgiminis bandymas ($\sim 3 \times$ darbinis slėgis)
 - Sekcijų bandymai didelėse instaliacijose

2. Projektavimo parametrai

3. Pastato šildymo/vėsinimo apkrova
4. Dirvožemio šiluminis laidumas
 - Gręžinių lauko mastelio parinkimas/matavimas

3. Techninės priežiūros charakteristikos

4. Požeminis kontūras → nereikalauja priežiūros
5. Vanduo/vanduo įrenginiai → mažesnė priežiūra nei oro šaltinio įrenginiams
 - Geoterminiai kontūrai gali tarnauti ilgiau nei 50 metų



Geoterminių sistemų sudėtingumas kinta nuo eksploatavimo iki projektavimo



Co-funded by
the European Union



Co-funded by
the European Union