

Karšto vandens šilumokaičių nesandarumo priežastys, šilumokaičių konstrukcija bei rekomendacijos dėl šilumokaičių parinkimo

Paruošė:

Gintaras Paluckas

UAB „Termolink“ inžinierius – chemikas

Renatas Klimas

UAB "Absoliuta" direktorius

Užsakovas:

Lietuvos šilumos tiekėjų asociacija

2022

Turinys

1. Įvadas	3
2. Mechaninis užteršimas	3
2.1. Nuovirų susidarymas.....	4
2.2. Organinės nuosėdos/bioplėvelės	5
2.3. Nuosėdų susidarymas	5
3. Metalų korozija	5
3.1. Nerūdijančio metalo korozija	5
3.2. Vario korozija.....	8
3.3. Deguonis	9
4. Mechaniniai pažeidimai	10
5. Priemonės išvengti šilumokaičių gedimų.....	10
5.1. Apsauga nuo mechaninio užteršimo	10
5.1.1. Vandens slėgio kritimas per šilumokaitį.	10
5.1.2. Filtrų ir šlamo surinkėjų įrengimas prieš šilumokaitį.....	11
5.1.3. Šilumokaičių apsauga nuo nuovirų susidarymo	11
5.1.3.1. Vandens minkštinimas	11
5.1.3.2. Nuovirų ir korozijos inhibitoriai.....	11
5.1.3.3. Magnetiniai arba elektromagnetiniai metodai.....	12
5.1.3.4. Temperatūrinio vandens režimo išlaikymas	12
5.2. Šilumokaičių plovimas.....	12
5.2.1. Standartinė šilumokaičio plovimo programa.	13
5.3. Rekomendacijos plokštelių šilumokaičių parinkimui.	14
5.4. Variu lituotų šilumokaičių gamintojų reikalavimai vandens kokybei.....	16
6. Dažniausiai sutinkamų ir naudojamų Lietuvoje šilumokaičių konstrukcijos ypatumai.	16
6.1. Lituoti plokšteliniai šilumokaičiai.....	17
6.2. Išardomi plokšteliniai šilumokaičiai	19
6.3. Vamzdeliniai šilumokaičiai:.....	20
7. Variu lituotų šilumokaičių gedimai ir rekomendacijos	21
8. Įvairių gamintojų šilumokaičių palyginimas	22
IŠVADA.....	24

1. Įvadas

Gyvenamų namų šilumos mazguose karšto vandens gamybai plokšteliniai šilumokaičiai naudojami jau daugiau nei dvidešimt metų. Vienuose šilumos punktuose šie šilumokaičiai sėkmingai eksploatuojami dešimt ir daugiau metų. Kituose – dažnai genda ir turi būti keičiami. Siekiant išsiaiškinti šilumokaičių gedimo priežastis ir pateikti rekomendacijas šilumokaičių eksploatacijai ir keitimui, buvo išanalizuota šilumokaičių gamintojų pateikiama informacija apie šilumokaičių gedimo priežastis ir rekomendacijas šilumokaičių parinkimui ir eksploatavimui.

Analizuojant šilumokaičių gedimus buvo pastebėta, kad didžiausia problema yra su šilumokaičiais, kurie naudojami geriamo vandens šildymui. Sugedus (prakiurus) šiems šilumokaičiams kietas geriamas vanduo gali patekti į termofikacinį vandenį, kur padidina termofikacinio vandens kietumą, bei deguonies koncentraciją termofikaciniame vandenyje. „Kietas“ termofikacinis vanduo sukelia nuovirų susidarymą ant vandens šildymo katilų kaitinamų paviršių. Su geriamu vandeniu patekęs deguonis sukelia termofikacinio vandens tinklo koroziją.

Kadangi miestuose yra daug šilumos punktų, kuriuose sumontuoti vandens šildymo šilumokaičiai, yra labai sunku surasti sugedusį šilumokaitį, kuris gadina termofikacinio vandens kokybę. Todėl šilumos punktuose sumontuotų šilumokaičių tinkamas parinkimas ir eksploatacija yra labai svarbi.

Pagrindinės šilumokaičių gedimų priežastys yra:

- 1) mechaninis užteršimas;
- 2) metalų korozija;
- 3) mechaniniai pažeidimai.

2. Mechaninis užteršimas

Užteršimas suprantamas kaip skysčio tendencija suformuoti plėvelę arba apnašas ant šilumos perdavimo paviršiaus. Terminas užterštumas apima ir organinių, ir neorganinių medžiagų kaupimąsi. Neorganinės medžiagos gali kristalizuotis kaip druskos, dėl ko atsiranda „kalkėjimas“. Organinės nuosėdos sudaro bioplėvelės ir mikroorganizmai. Pradėjus šilumokaičio viduje kauptis neorganinėms ar organinėms nuosėdoms, sumažėja šilumokaičio šilumos perdavimas ir atsiranda didesnis vandens slėgio kritimas.



1 pav. Užteršta šilumokaičio plokštelė



2 pav. Nuvalyta šilumokaičio plokštelė.

2.1. Nuovirų susidarymas

Nuovirų susidarymas yra užteršimo tipas, kurį sukelia plokštelinio šilumokaičio vandens sistemoje esančios neorganinės druskos, kurios nusėda ir suformuoja nuoviras ant šilumos perdavimo paviršiaus.

Dauguma nuovirų atsiranda dėl kalcio karbonato arba kalcio sulfato nusodinimo. Kai kurie neorganiniai junginiai, ypač aukščiau paminėtos druskos, turi atvirkštinę tirpumo kreivę, t. y. tirpumas vandenyje mažėja didėjant temperatūrai. Šilumokaičio viduje šylant vandeniui šios druskos gali nusėsti ant karšto paviršiaus ir suformuoti nuoviras.

Nuoviros taip pat susidaro dėl per mažo skysčio tekėjimo greičio (laminarinis srautas), netolygaus srauto pasiskirstymo per praėjimus ant šilumos perdavimo paviršiaus. Nuovirų susidarymas labai priklauso nuo temperatūros.

Svarbūs veiksniai, turintys įtakos nuovirų susidarymui, yra vandens kokybė, temperatūra, turbulencija, vandens greitis, srauto paskirstymas ir paviršiaus struktūra. Natūralaus vandens nuovirų sudarymo tendencija įvertinama, analizuojant vandens cheminę sudėtį. Svarbiausi vandens rodikliai, lemiantys nuovirų susidarymą yra:

- vandens pH vertė;
- kalcio jonų koncentracija vandenyje (vandens kietumas);
- šarmingumas;
- vandens joninė jėga.

Pirmuosius tris parametrus nustatyti gana paprasta. Tačiau joninė jėga priklauso nuo bendro ištirpusių, disocijuotų junginių, t.y. druskų ir rūgščių, bei jų kiekio santykinės koncentracijos.

Neorganinės druskos, dėl kurių susidaro apnašos, atsiranda iš geriamojo vandens.

2.2. Organinės nuosėdos/bioplėvelės

Kai bakterijos patenka į vandenį, dėl jų mažo dydžio (apie 1 μm), jos prasiskverbia į visas vandens šildymo sistemas. Į sistemas bakterijos gali patekti įvairiais būdais, pavyzdžiui:

- su geriamu vandeniu (nepakankamai dezinfekuotas);
- užteršimas po vamzdžių trūkimo;
- vanduo gali būti užterštas vandeniu iš naujai prijungtų įrenginių.

Organinės nuosėdos/bioplėvelės gali sumažinti šilumos perdavimą šilumokaičiuose, užkimšti šilumokaičio vidinius kanalus ir padidinti slėgio kritimą. Dėl organinių nuosėdų gali prasidėti mikrobiologinė metalų korozija.

2.3. Nuosėdų susidarymas

Paprastai dalelės, tokios kaip smėlis, prasiskverbia pro tarpelius tarp šilumokaičio plokštelių, jei jų skersmuo mažesnis nei 1 milimetras. Tačiau didesnės dalelės, patekę į šilumokaičio vidų, gali užstrigti tarpeliuose tarp plokštelių ir sutrikdyti normalų vandens pratekėjimą per šilumokaitį. Todėl turi būti sumontuota šilumokaičio apsauga nuo didesnių dalelių patekimo į šilumokaičius.

3. Metalų korozija

3.1. Nerūdijančio metalo korozija

Nerūdijantis plienas yra atsparus korozijai, todėl iš jo gaminami šilumokaičiai. Gaminant plokštelines šilumokaičius, jų plokštelės gaminamos iš įvairių rūšių nerūdijančio plieno.

Nerūdijančio plieno atsparumas korozijai priklauso nuo plonos oksido plėvelės susidarymo ant plieno paviršius. Ši plėvelė – daugiausia chromo oksido – labai lengvai susidaro oksiduojančioje aplinkoje, pvz. oro, ir apsaugo apatinį metalo paviršių nuo korozijos. Sakoma, kad tokiu būdu apsaugotas metalas yra pasyvuotas.

Svarbu, kad oksido plėvelė būtų ištisinė, be porų ir įtrūkimų. Kitu atveju gali atsirasti neapsaugotų vietų korozija. Plieno paviršius turi būti be apnašų, šlako likučiai ir tt. Jei oksido plėvelė pažeista ir esamose sąlygose nesusidaro nauja oksido plėvelė, metalo paviršius išlieka aktyvus ir neapsaugotas ir koroduoja.

Redukuojantys komponentai - sieros rūgštis ir vandenilio sulfidas – gali sutrikdyti arba sunaikinti pasyvumą, ir metalo apsauginė plėvelė gali ištirpti.

Degūonis, azoto rūgštis, Cu^{2+} ir Fe^{3+} jonai apsauginę metalo plėvelę atstato. Ši oksido plėvelė yra labai atspari oksiduojantiems rūgštims, pavyzdžiui, azoto, chromo, silpnos sieros rūgšties ir kt. Tačiau neatspari neoksiduojantiems rūgštims, pvz. druskos rūgščiai.

Šilumokaičiuose labiausiai paplitusi korozijos forma yra taškinė korozija (pittingas), kurią sunku aptikti, nes irimas prasideda nedideliame paviršiaus plote ir plinta į metalo gylį. Dažniausiai ji nustatoma tik prakiurus šilumokaičiui.



3 pav. Nerūdijančio plieno taškinė korozija.

Kitas įprastas ir labai panašus nerūdijančio plieno korozijos tipas yra plyšinė korozija, kai korozija prasideda plyšiuose.



4 pav. Plyšinė korozija.

Taškinė korozija ir plyšinė korozija iš esmės yra vienodi reiškiniai. Šios korozijos sąlygos yra šios:

- ♦ Oksiduojanti aplinka, pvz. deguonies, azoto rūgštis arba Cu^{2+} , arba Fe^{3+} jonų buvimas.
- ♦ Chlorido jonų buvimas net ir mažomis koncentracijomis.
- ♦ Silpna vieta ant pasyvios paviršiaus plėvelės, kurioje chlorido jonas gali prasiskverbti gilyn į metalą. Tai gali būti plyšys tarp tarpinės ir flanšo priveržiamo paviršiaus, blogai atlikta suvirinimo arba presavimo jungtis. Pittingas atsiranda ant atviro metalo paviršiaus, žemiau nuovirų, šlako ar kitų nuosėdų sankaupos.

- ♦ Prasiskverbimo vietoje turi būti maža oksiduojančio komponento koncentracija.
- ♦ Žemas pH. Esant $\text{pH} > 12$, vietinės korozijos pavojus nereikšmingas (vietoj korozijos bus didelė nuovirų susidarymo tikimybė).
- ♦ Mažo skysčio srauto sritys. Tai svarbus reikalavimas. Pavyzdžiui, galima būtų naudoti nerūdijanti plieną sąlytyje su jūros vandeniu, jei nuolatinė vandens srove visada apiplautų visus, besiliečiančius su jūros vandeniu, paviršius. Tačiau visada yra vieta, kurioje vanduo neteka, todėl visada yra patingo atsiradimo galimybė toje vietoje.
- ♦ Aukšta temperatūra. Atviroje sistemoje (atmosferiniame slėgyje) jei deguonis yra vienintelis oksiduojantis komponentas, aukšta temperatūra ($> 80^\circ\text{C}$) sumažina deguonies koncentraciją vandenyje, taip sumažina korozijos riziką.

Tokiose sąlygose susidaro vietinis galvaninis elementas, kuriame plotas metalo be apsauginės plėvelės veikia kaip anodas ir aplinkinė pasyvuota sritis - kaip katodas. Kadangi katodas yra didelis, o anodas mažas, srovės tankis anode bus didelis. Vadinasi anodas tirps labai greitai ir suformuos metale skylutę. Metalų tirpimo greitis yra labai didelis ir gali siekti iki kelių mm/parą.

Kadangi plyšinę koroziją gali sukelti daug įvairių veiksnių, tai labai nenuspėjama ir potencialiai pavojinga korozijos rūšis. Yra labiau tikėtina, kad korozijai palankios sąlygos susidarys metalo plyšyje nei ant atviro paviršiaus.

Nerūdijančio plieno korozijos greitis labai priklauso nuo vandens temperatūros ir chlorido jonų koncentracijos vandenyje. 1 lentelėje pateiktos rekomendacijos šilumokaičio plieno pasirinkimui, atsižvelgiant į chlorido jonų koncentraciją vandenyje ir vandens temperatūrą.

1 lentelė. Didžiausios chlorido jonų koncentracijos priklausomybė nuo temperatūros skirtingoms plokštelių medžiagoms (duomenys apie SS-316 ir yra pagrįsti Outokumpus Corrosion vadovu, 11 leidimas, 2015).

Chlorido jonų koncentracija, mg/l	Maksimali temperatūra, $^\circ\text{C}$					
	20	30	60	80	120	130
10	AISI 304	AISI 304	AISI 304	AISI 304	AISI 304	AISI 316
25	AISI 304	AISI 304	AISI 304	AISI 304	AISI 316	AISI 316
50	AISI 304	AISI 304	AISI 304	AISI 316	AISI 316	Ti
80	AISI 316	AISI 316	AISI 316	AISI 316	AISI 316	Ti
200	AISI 316	AISI 316	AISI 316	AISI 316	Ti	Ti
300	AISI 316	AISI 316	AISI 316	Ti	Ti	Ti
700	AISI 316	AISI 316	Ti	Ti	-	-
1000	AISI 316	Ti	Ti	Ti	-	-
>1000	Ti	Ti	Ti	Ti	-	-

3.2. Vario korozija

Varis priklauso tauriesiems metalams ir nerūdyija sąlytyje su daugeliu kitų įprastų skysčių. Nepaisant to, dauguma korozijos tipų gali atsirasti ir ant vario.

Bendroji korozija I vyksta daugiausia rūgštyse, pvz. azoto rūgštis, kuri tiesiog ištirpdo varį. Šios korozijos neturėtų būti vandens šildymo šilumokaičiuose, tačiau gali atsirasti, jeigu varinio ar variu lituoto šilumokaičio plovimui pasirenkami plovikliai, savo sudėtyje turintys azoto rūgšties arba amonio junginių.

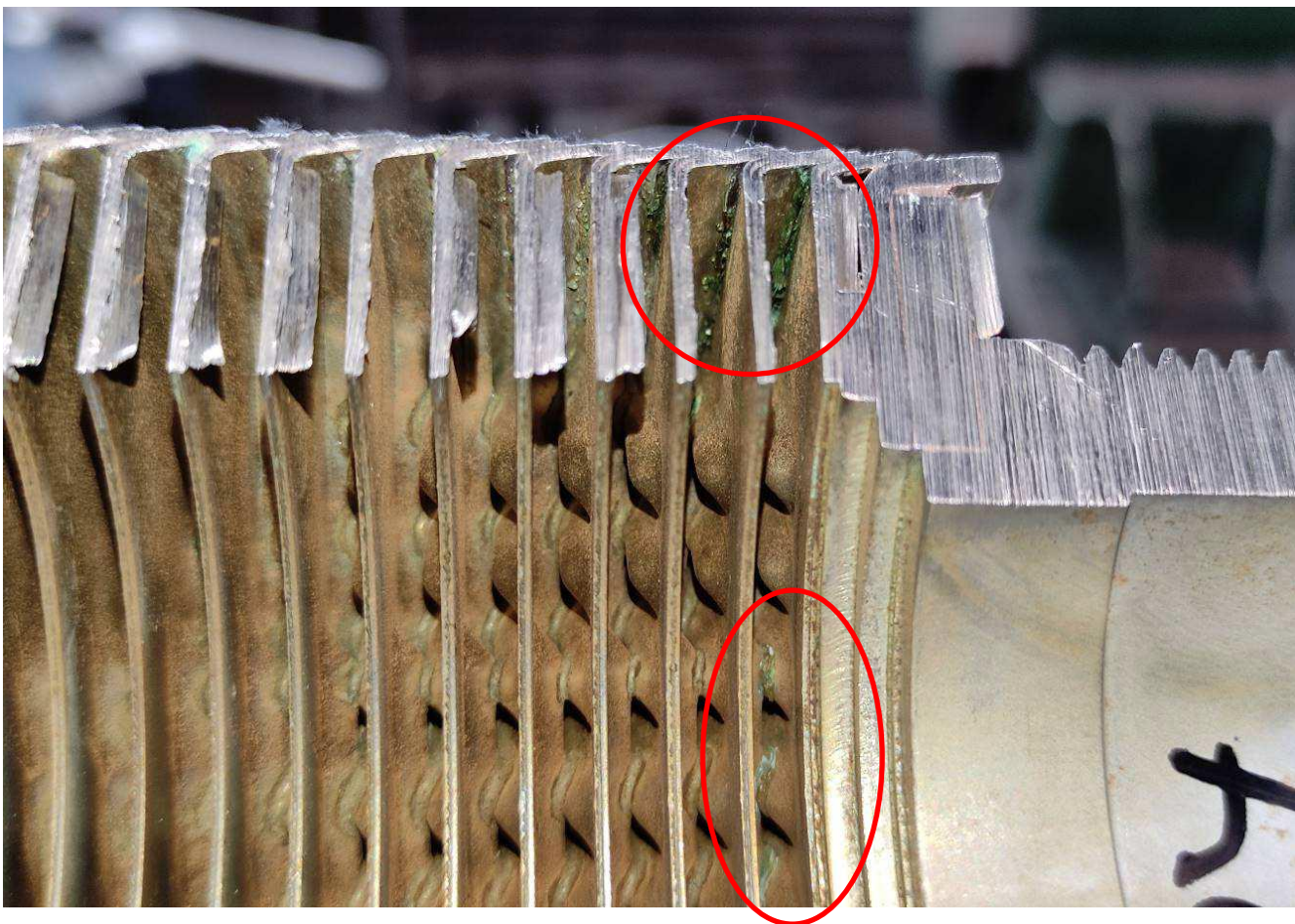
Bendroji korozija II vyksta vandenyje, kuriame yra deguonies. Varis oksiduojasi ir po porą mėnesių pasidengia apsauginiu juodos spalvos vario oksido (Cu_2O) sluoksniu, kuris apsaugo nuo tolesnės korozijos. Priklausomai nuo vandens kokybės, vario oksidas gali būti padengtas žaliu vario karbonato sluoksniu (gerai prisitvirtina ant paviršiaus, todėl pageidaujamas) arba mėlyną sulfatą (birų).

Šaltame vandenyje pittingas atsiranda daugiausia deguonies prisotintame vandenyje žemesnėje nei 30°C temperatūroje. Pitingo vietos iš viršaus padengtos vario oksidu (Cu_2O), o po oksidu baltas vario chloridas (CuCl). Visa pitingo vieta iš viršaus būna padengta žaliu vario karbonato sluoksniu.

Erozija/korozija. Esant dideliame vandens greičiui, apsauginė Cu_2O plėvelė suardoma, o plikas vario paviršius koroduoja.



5 pav. Nesandarumo vieta. Vario korozija.



6 pav. Vario korozija vidinėje šilumokaičio dalyje.

3.3. Deguonis

Plienų korozijos procesą pagreitinantys veiksniai yra deguonis ir (arba) temperatūra. Kuo aukštesnė temperatūra, tuo korozijos greitis yra didesnis. Deguonies buvimas vandenyje padidina korozijos pradžios riziką, todėl deguonies koncentracija vandenyje turėtų būti kuo mažesnė. 2 lentelėje pateikta rekomenduojama deguonies koncentracija vandenyje, priklausomai nuo vandens el. laidžio.

2 lentelė. Rekomenduojama deguonies koncentracija vandenyje, priklausomai nuo vandens el. laidžio

Rodiklis	Mat. Vnt.	Nudruskintas vanduo	Druskingas vanduo
El. laidis 25°C temperatūroje	μS/cm	< 100	100-1500
pH 25°C temperatūroje		8,2-10	
Deguonis	mg/l	<0,1	<0,02

Iš lentelėje pateiktų duomenų matyti, kad kuo didesnis vandens el. laidis (ištirpusių druskų kiekis), tuo mažesnė rekomenduojama deguonies koncentracija.

4. Mechaniniai pažeidimai

Mechaniniai šilumokaičių pažeidimai gali atsirasti dėl įvairių priežasčių:

- ♦ Aplinkinių įrenginių vibracija. Tai gali sukelti medžiagos nuovargį, todėl plokštelė arba plokštelių litavimas gali plyšti.
- ♦ Hidraulinis smūgis. Tekančio vandens srautas turi didelę kinetinę energiją. Jeigu vandens srautas staigiai sustoja, pvz. greitai užsidaro vožtuvas, ši energija turi būti kažkur sugerta. Tai gali sukelti šilumokaičio plokštelių deformaciją ir ribojančių paviršių plyšimą.
- ♦ Šiluminiai smūgiai. Jei šaltas vanduo staiga patenka į labai karštą šilumokaitį arba atvirkščiai, šiluminiai įtempiai tarp pirmojo kanalo plokštės ir galinės plokštės gali sukelti šilumokaičio plyšimą, kadangi plonos kanalo plokštės plečiasi/susitraukia greičiau nei galinė plokštė.
- ♦ Medžiagų defektai. Dauguma defektų aptinkami per šilumokaičio hidraulinius bandymus, tačiau kai kurie, pvz. šlako įstrigimas plokštelėse, gali atsirasti vėliau.
- ♦ Gamybos defektai. Kaip ir su medžiagų defektais, dauguma aptinkami atliekant hidraulinius bandymus. Kartais spaudimo metu atsiradęs įtrūkimas gali būti padengtas vario litavimo metu ir pasirodo vėliau, dažniausiai ęsdinančioje aplinkoje. Gali būti neužbaigtas litavimas ir, greičiausiai, kartu su koku nors kitu veiksmu, gali būti nuotėkio priežastis.
- ♦ Bandymo slėgio ir (arba) projektinės temperatūros viršijimas. Tačiau tai būna retai, nes šilumokaitis skaičiuotas bent penkis kartus didesniai už projektinį slėgį, o vario lydymosi temperatūra yra 1083°C.

5. Priemonės išvengti šilumokaičių gedimų

5.1. Apsauga nuo mechaninio užteršimo

5.1.1. Vandens slėgio kritimas per šilumokaitį.

Norėdami sumažinti nuosėdų susidarymo riziką, naudokite didžiausią įmanomą vandens slėgio kritimą per šilumokaitį. Didelis slėgio kritimas reiškia didesnius slyties įtempius, kurie visada yra naudingi nuovirų susidarymo atveju. Slyties įtempiai veikia kaip nuovirų šalinimo priemonė, nuolat veikianti prilipusią medžiagą jėgomis, kurios atitraukia kietąsias daleles nuo šilumokaičio plokštelės paviršius, kaip parodyta 7 paveiksle.



7 pav. Kaip turbulentinis srautas ir slyties įtempiai padeda išlaikyti šilumokaitį švarų

Šlyties įtempimai taip pat padeda išvengti skendinčių medžiagų nusėdimo ant šilumokaičio plokštelių paviršiaus. Šilumokaityje, kurio karštojoje pusėje vandens temperatūra yra aukštesnė nei 70°C (158 °F) ir (arba) labai kietas vanduo (ir didelė nuovirų susidarymo rizika), vandens slėgis šalto vandens pusėje turėtų būti kiek įmanoma didesnis, o karšto vandens pusėje – kiek įmanoma mažesnis. Tai sumažina plokštelės sienelės temperatūrą termofikacinio vandens pusėje ir padidina šlyties įtempius, todėl nuovioms sunkiau prilipti prie plokštelės paviršiaus.

5.1.2. Filtrų ir šlamo surinkėjų įrengimas prieš šilumokaitį

Jeigu į plokštelinį šilumokaitį netrukdomai gali patekti dumblas, vamzdžių šlakas, biologinės medžiagos ir kt., vandens pusės kanalai plokšteliniame šilumokaityje gali užsikimšti. Šios medžiagos gali užblokuoti kanalus ir sumažinti šilumokaičio našumas ir padidinti slėgio kritimą.

Siekiant sumažinti kietųjų dalelių ar dumblo susidarymo plokštelinio šilumokaičio viduje riziką, prieš šilumokaitį, turi būti sumontuotas filtras arba šlamo surinkėjas. Jei vandenyje yra dalelės, kurių diametras didesnis nei 1 mm, rekomenduojame naudoti šlamo surinkėją su 20 mesh (angų skaičius colyje) filtravimo tinkleliu.

Jeigu vandenyje yra didelė magnetito koncentracija, rekomenduojama sumontuoti filtrą su magnetu. Tai ne tik apsaugos plokštelinį šilumokaitį nuo užsikimšimo, bet taip pat apsaugos vandens siurblių nuo erozijos.

Purvo separatorius. Šilumokaičių apsaugai nuo mechaninių nuosėdų rekomenduojama naudoti moderniausius purvo separatorius, kurie pašalina net mažiausias nešvarumų dalelės, todėl sumažėja priežiūros poreikis.

5.1.3. Šilumokaičių apsauga nuo nuovirų susidarymo

Šilumokaičių apsaugai nuo nuovirų susidarymo naudojami įvairūs fiziniai ir cheminiai metodai.

5.1.3.1. Vandens minkštinimas

Prieš pašildymą vanduo dažniausiai minkštinamas katijonitiniais filtrais. Šis metodas sąlyginai paprastas, lengva kontroliuoti minkštinto vandens kokybę, tačiau reikalingi palyginti dideli filtri, filtrų darbui reikalinga elektros energija, filtrų regeneravimui reikalingas vanduo ir druska.

5.1.3.2. Nuovirų ir korozijos inhibitoriai

Fosfatai ir silikatai yra vieninteliai natūralūs vandens komponentai, leidžiami naudoti geriamo vandens paruošimui ir apsaugantys geriamo vandens sistemas nuo korozijos ir nuovirų susidarymo. Paruoštas darbinis šių komponentų tirpalas į geriamą vandenį įvedamas siurblių – dozatorių pagalba. Šiuos komponentus galima naudoti ir granulių pavidalu. Šiuo atveju prieš šilumokaitį sumontuojama talpa su lėtai tirpstančiais kristalais. Pratekantis vanduo ištirpina reikiamą kristalų kiekį ir vanduo tampa mažiau korozingas bei nesiformuoja nuoviros.

Cheminių inhibitorių naudojimo trūkumas – dozatoriaus talpą reikia papildyti darbinio tirpalu arba kas tris mėnesius talpą papildyti kristalais.

5.1.3.3. Magnetiniai arba elektromagnetiniai metodai.

Apie vamzdį apvyniota ritė arba sumontuotas magnetas sukuria elektromagnetinį lauką, kuris atlaisvina su vandens molekulėmis elektrostatiškai surištus kalcio bikarbonato jonus. Susidaro kristalai, kurie neformuoja kietųjų nuosėdų. Šitaip apdorotas kietas vanduo nekeičia cheminės sudėties, tačiau įgyja minkšto vandens savybes ir netgi gali ištirpdyti jau susidariusias kalkių nuosėdas.

Prevencijai rekomenduojama įsirengti elektromagnetinę vandens nukalkinimo sistemą Dropson su EMI patentuota technologija.

Pagrindinis trūkumas – veikimo neįmanoma patikrinti cheminės analizės metodais.



5.1.3.4. Temperatūrinio vandens režimo išlaikymas

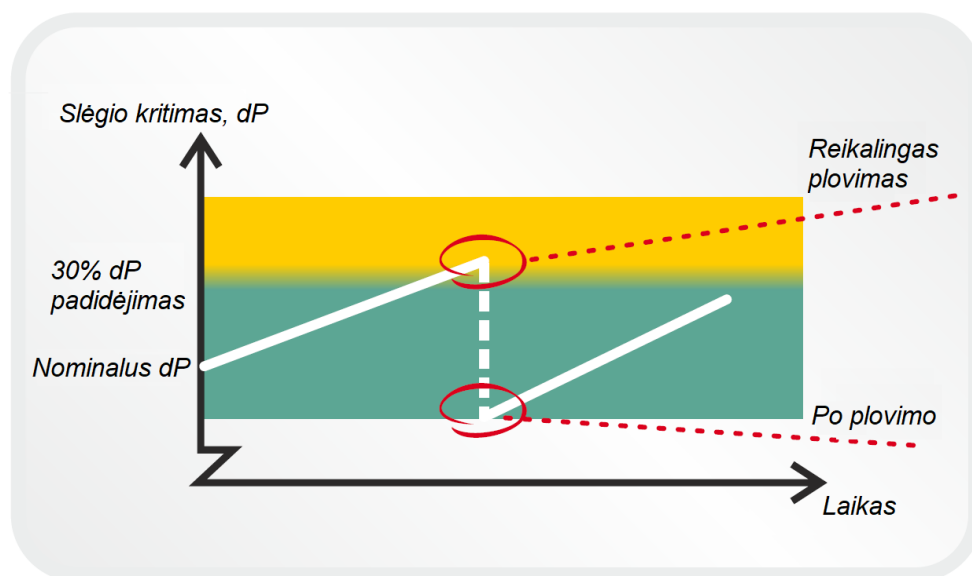
Šildomo vandens temperatūrai pasiekus 55°C ir aukštesnę temperatūrą ant šilumokaičio plokštelių paviršiaus pradeda aktyviai susidaryti nuosėdos. Vandens temperatūrai pasiekus 67°C nuosėdų susidarymo intensyvumas pasiekia maksimumą. Todėl būtina tinkamai suderinti šilumos punktų valdiklius, kad karšto vandens temperatūra būtų palaikoma kuo stabilesnė bet ne per aukšta. Vykstant vandens dezinfekcijai nereikėtų persistengti su dezinfekcijos trukme ir temperatūra.

5.2. Šilumokaičių plovimas

Siekiant išvengti teršalų ir nuosėdų kaupimosi ant šilumokaičio plokštelių paviršių bei šilumokaičio tarpplokštelinuose kanaluose turi būti reguliariai atliekamas šilumokaičio plovimas. Papildomai arba dažniau šilumokaitį reikėtų plauti pastebėjus: didesnę nei įprastą slėgį prieš ir po šilumokaičio arba kai padidėja iš šilumokaičio ištekančio termofikato temperatūra. Plovimas turėtų būti atliekamas priešinga srautui tekėjimo kryptimi, naudojant specialius plovimo aparatus ir plovimui skirtus plovimo tirpalus. Plovimo tirpalo srautas per šilumokaitį turi būti **mažiausiai 1,5 karto didesnis** nei darbinis. Prieš šilumokaičio plovimą būtina teisingai pasirinkti plovimo tirpalą, kad jie nereaguotų su šilumokaičio metalais. Šilumokaičių plovimui rekomenduojama pasirinkti jau paruoštą plovimo tirpalą, kadangi jame yra ne tik rūgštinis ar šarminis ploviklis, bet ir papildomos medžiagos apsaugančios metalus nuo korozijos, bei medžiagos, kurios padeda išlaikyti ištirpintas medžiagas tirpale, neleidžiant joms iš naujo išsėsti šilumokaityje. Plovimo tirpalas plovimo metu turi būti filtruojamas per 10 µm filtrą. Dažnai rekomenduojami plovikliai būna nurodyti šilumokaičio naudojimo instrukcijoje (pvz. AlfaLaval rekomenduoja savo šilumokaičių plovimui naudoti Alfa P-Scale, o neutralizacijai Alfa P-Neutra reagentus). Šilumokaičio plovimą būtina atlikti laikantis visų šilumokaičio ir plovimo tirpalų gamintojų rekomendacijų bei saugumo technikos instrukcijų. Nesilaikant šių instrukcijų galima sugadinti šilumokaitį.

Po šilumokaičio plovimo būtina jį gerai išskalauti švariu vandeniu, ir atlikti paviršių neutralizavimą šarminiu plovimo tirpalu.

8 pav. pateikta vandens srauto / slėgio kritimo diagrama, kuri parodo atgalinio plovimo arba nukalkinimo reikalingumą.



8 pav. Plovimo reikalingumo diagrama.

5.2.1. Standartinė šilumokaičio plovimo programa.

Šilumokaičių cheminis plovimas vykdomas dviem stadijomis:

1. rūgštinis plovimas (5 - 15 % rūgštinio ploviklio tirpalas);
2. šarminis plovimas (10-15% šarminio ploviklio tirpalas).

Cheminio plovimo tirpalų ruošimui, jų pašildymui ir padavimui į plaunamą šilumokaitį, bei plovimo tirpalo cirkuliacijos vykdymui turi būti sumontuota speciali uždara sistema (bakas – siurblys – šildytuvas – šilumokaitis - filtras – bakas). Prieš įrengimo cheminį plovimą turi būti atliktas sumontuotos cheminio plovimo schemas sandarumo hidraulinis bandymas. Cheminio plovimo tirpalų cirkuliacija įrengime vykdoma papildomo siurblio pagalba. Gražinamas plovimo tirpalas filtruojamas 5-10 μm mechaniniu filtru, kad iš plovimo tirpalo pašalinti neištirpusias skendinčias nuosėdas.

Rūgštinis plovimas

Rūgštinis plovimo tirpalas ruošiamas reagentų ruošimo bake, naudojant paprastą arba minkštintą vandenį. Vanduo pašildomas iki 40-60°C temperatūros ir pradedamas cirkuliuoti per šilumokaitį. Įsitikinus, kad sistema sandari, į baką po truputį pradėdama pilti rūgštinis ploviklis. Paruošiamas 5-15% tirpalas (tirpalo $\text{pH} = 1\div 2$). Plovimo tirpalo pH matavimui naudojami specialūs prietaisai – pH -metrai arba indikatorinės juostelės. Paruoštas tirpalas cirkuliuojamas per šilumokaitį tol, kol pasibaigs karbonatinių nuosėdų tirpinimas. Kas dvi-tris valandas pakeičiame plovimo tirpalo tekėjimo kryptį. Sureagavus rūgščiai, plovimo tirpalo pH vertė pradeda didėti, todėl reikia įdėti papildomą rūgštinio ploviklio kiekį. Karbonatinių nuosėdų tirpinimo pabaiga laikomas momentas, kai nustoja skirtis CO_2 ir plovimo tirpalo vandenilinio rodiklio (pH) vertė nekinta 0,5-1 valandas ($\text{pH} \leq 1,5$).

Atlikus rūgštinį plovimą, plovimo tirpalas drenuojamas ir vykdomas šilumokaičio plovimas paprastu arba minkštintu vandeniu iki neutralios vandens terpės ir švaraus vandens. Šilumokaičio plovimo nuo

rūgšties metu iš reagentų ruošimo bako nudrenuojami rūgšties tirpalo likučiai, reagentų ruošimo bakas ir reagentų padavimo linija praplaunami vandeniu.

Pasyvacija (šarminis plovimas)

Šarminis plovimo tirpalas ruošiamas reagentų paruošimo bake naudojant paprastą arba minkštiną vandenį ir pašildant tirpalą iki 40–50°C, analogiškai kaip rūgštinis plovimo tirpalas. Pasyvacijos operacija vykdoma tol, kol nustoja kisti pasyvuojančio tirpalo pH, bet ne trumpiau kaip 1 valandą. Po pasyvacijos nudrenuojamas pasyvacijos tirpalas ir šilumokaitis praplaunamas šaltu vandeniu.

5.3. Rekomendacijos plokštelių šilumokaičių parinkimui.

Norėdami patikrinti, ar parinktas arba sumontuotas plokštelinis šilumokaitis yra tinkamai parinktas, rekomenduojama patikrinti pagal 3 lentelėje pateiktą informaciją. Atsižvelgiant į cheminius šildomo vandens rodiklius pasirenkamas tinkamas šilumokaitis.

3 lentelėje pateikiama informacija apie nerūdijančio plieno ir litavimo medžiagų atsparumą korozijai kambario temperatūros vandenyje. Lentelėje išvardinti keli svarbūs cheminiai komponentai galintys turėti didelę įtaką šilumokaičio korozijai, tačiau korozija yra labai sudėtingas procesas, kuriam įtakos turi daugybės skirtingų komponentų derinys. Todėl lentelėje pateiktos rekomendacijos yra labai supaprastintos ir neturėtų būti pervertintos!

3 lentelė. Nerūdijančio plieno ir litavimo medžiagų atsparumas korozijai vandenyje kambario temperatūroje.

Vandens sudėtis	Koncentracija (mg/l ar ppm)	Laiko apribojimas	Plokštelių medžiaga		Litavimo medžiaga		
			AISI 304	AISI 316	Varis	Nikelis	Nerūdijantis plienas
Šarmingumas (HCO ₃ ⁻)	<70 70-300 >300	24 val.	+	+	0 + 0/+	+	+
Sulfatas ^[1] (SO ₄ ²⁻)	<70 70-300 >300	nėra	+	+	+	+	+
			+	+	0/- -	+	+
HCO ₃ ⁻ / SO ₄ ²⁻	>1,0 <1,0	nėra	+	+	+	+	+
			+	+	0/-	+	+
Elektrinis laidis	<10 μS/cm 10-500 μS/cm >500 μS/cm	nėra	+	+	0 + 0	+	+
			+	+	+	+	+
pH ^[3]	<6,0 6,0-7,5 7,5-9,0 9,0-10 >10,0	24 val.	0 + + + +	0 + + + +	0 0 + 0/+ 0	+	+
			+	+	+	+	+
Amonis (NH ₄ ⁺)	<2 2-20 >20	24 val.	+	+	+	+	+
			+	+	0 -	+	+

Chloridai (Cl ⁻)	<100 100-200 200-300 300-700 >700	nėra	+	+	+	+	+
			0	+	+	+	+
			-	+	+	+	+
			-	0/+	0/+	+	-
			-	-	0	+	-
Laisvas chloras (Cl ₂)	<1 1-5 >5	5 val.	+	+	+	+	+
			-	-	0	+	-
			-	-	0/-	+	-
Vandenilio sulfidas (H ₂ S)	<0,05 >0,05	nėra	+	+	+	+	+
			+	+	0/-	+	+
Laisva anglirūgštė (CO ₂)	<5 5-20 >20	nėra	+	+	+	+	+
			+	+	0	+	+
			+	+	-	+	+
Bendras kietumas ^[5]	1,4-4 mg-ekv/l	nėra	+	+	+	+	+
Nitratai ^[1] (NO ₃ ⁻)	<100 >100	nėra	+	+	+	+	+
			+	+	0	+	+
Geležis ^[6] (Fe)	<0,2 >0,2	nėra	+	+	+	+	+
			+	+	0	+	+
Aliuminis (Al)	<0,2 >0,2	nėra	+	+	+	+	+
			+	+	0	+	+
Manganas ^[6] (Mn)	<0,1 >0,1	nėra	+	+	+	+	+
			+	+	0	+	+

Lentelėje:

+ Geras atsparumas normaliomis sąlygomis;

0 Gali kilti korozijos problemų, ypač vertinant daugiau faktorių;

- Naudoti nerekomenduojama.

[1] Sulfatai ir nitratai veikia kaip taškinės korozijos, kurią sukelia chloridai neutralioje pH aplinkoje, inhibitoriai.

[2] Elektros laidis ir bendras ištirpusių kietųjų medžiagų kiekis (TDS) gali būti konvertuojami vienas į kitą

[3] Paprastai žemas pH (žemesnis nei 6) padidina korozijos riziką, o aukštas pH (virš 7,5) sumažina korozijos riziką.

[5] Bendras kietumas/korozija: didelio kietumo vanduo gali sukelti korozijos problemų dėl didelio jonų kiekio (Ca⁺², Mg⁺², Fe⁺²), o tai taip pat reiškia didelį elektros laidumą ir didelį bendrą ištirpusių medžiagų kiekį (TDS). Dėl šios priežasties rekomenduojama vengti labai didelio kietumo vandens ne tik dėl didesnės nuovirų susidarymo, bet ir dėl korozijos rizikos.

Kita vertus, minkštas vanduo, nebūtinai katijonitais minkštintas vanduo, gali būti agresyvus ir didinti metalų korozijos riziką. Jei vandens kietumas yra už rekomenduojamo intervalo ribų, būtina įvertinti kitų rodiklių pvz., deguonies koncentracijos, pH ir el. laidžio reikšmes.

[6] Fe³⁺ ir Mn⁴⁺ yra stiprūs oksidatoriai ir gali padidinti nerūdijančio plieno ir litavimui naudoto vario vietinės korozijos riziką.

Svarbi pastaba: Atsparumui korozijai įtakos gali turėti ir šie parametrai:

Temperatūra: Lentelėje pateikti duomenys yra nustatyti 20°C vandens temperatūroje, jei nenurodyta kitaip.

Oksidatorių buvimas aplinkoje: deguonies rekomenduojama koncentracija nurodyta 5 lentelėje.

Produkto forma, terminis apdorojimas ir intermetalinių fazių buvimas: Lentelėje pateikti duomenys pagrįsti neapdorota žaliava.

Danijos centralizuoto šilumos tiekimo asociacijos leidinyje „Vanduo apdorojimas ir korozijos prevencija“ rekomenduoja deguonies kiekį išlaikyti žemiau 0,02 mg/l. Varis yra labai jautrus amoniakui ir sulfido jonui. Amoniakas gali būti naudojamas termofikato pH verčių reguliavimui. Naudojant varį kaip litavimo medžiagą, rekomenduojama, kad amoniako lygis būtų labai žemas. Tokiu atveju termofikato pH vertei reguliuoti reikia naudoti kitą cheminę medžiagą, pavyzdžiui, natrio hidroksidą.

5.4. Variu lituotų šilumokaičių gamintojų reikalavimai vandens kokybei

4 lentelėje pateikti reikalavimai vandens kokybei variu lituotiems „Eko Air“ ir „DANFOSS“ plokšteliniams šilumokaičiams, kurių plokštelės pagamintos iš nerūdijančio plieno EN Nr. 1.1104 ~ AISI 316L.

4 lentelė. Reikalavimai šildomo vandens kokybei.

Rodiklis	Mat. Vnt.	Rekomenduojama geriamo vandens kokybė	
		Eko Air	Danfoss
Temperatūra	°C	Priklauso nuo vandens sudėties, tačiau < 60°C	
pH		7-9	
Šarmingumas	mg/l	60 mg/l < [HCO ₃ ⁻] < 300	
Savitasis elektrinis laidis	μS/cm	< 500	
Vandens kietumo ir šarmingumo santykis		[Ca ²⁺ , Mg ²⁺]/[HCO ₃ ⁻] > 0,5	
Chloridai	mg/l prie 25°C	1000	
	mg/l prie 50°C	300	
	mg/l prie 80°C	100	
	mg/l kai T > 100°C	0	
Sulfatai	mg/l	[SO ₄ ²⁻] < 100 ir [HCO ₃ ⁻]/[SO ₄ ²⁻] > 1	
Nitratai	mg/l	< 100	
Fluoridas	mg/l	< 0,5	

Iš 4 lentelėje pateiktų duomenų matyti, kad variu lituotų šilumokaičių naudojimas Lietuvoje yra smarkiai apribotas reikalavimu vandens elektriniam laidžiui. Lietuvoje yra daug vandenviečių, kurių vandens elektrinis laidis yra žymiai didesnis už pateiktą reikalavimuose. Sugedus (prakiurus) šilumokaičiui, šilumokaičio gamintojas greičiausiai jį pripažins negarantiniu.

6. Dažniausiai sutinkamų ir naudojamų Lietuvoje šilumokaičių konstrukcijos ypatumai.
Lietuvoje naudojami:

- Lituoti plokšteliniai šilumokaičiai
- Išardomi plokšteliniai šilumokaičiai
- Vamzdeliniai šilumokaičiai

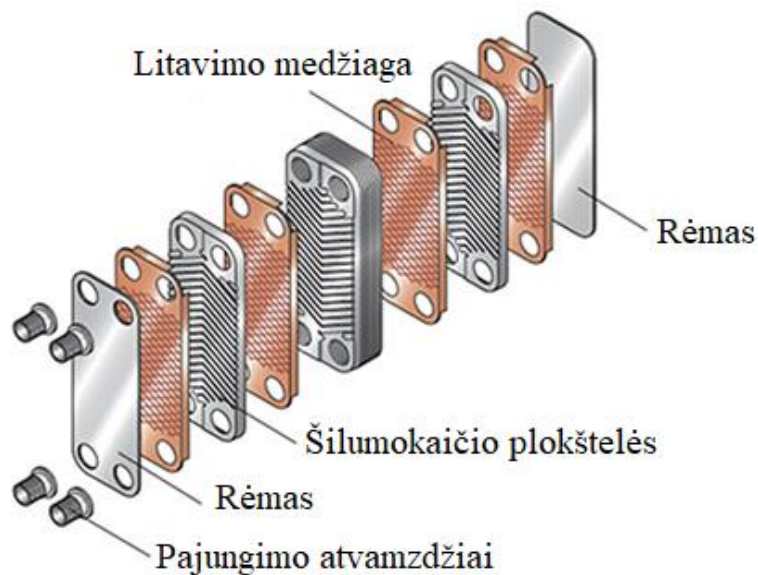
9 paveiksle pateikti naudojami šilumokaičiai.



9 pav. Naudojami šilumokaičiai

6.1. Lituoti plokšteliniai šilumokaičiai

Lietuvoje plačiausiai naudojami lituoti plokšteliniai šilumokaičiai. Šie šilumokaičiai gaminami sluoksniuojant nerūdijančio plieno plokšteles ir litavimo medžiagą. 10 paveiksle pateikta lituoto plokštelinio šilumokaičio konstrukcija. Po to viskas kaitinama aukštesnėje nei 1100°C temperatūroje vakuuminėje krosnyje, kad litavimo medžiaga išsilydytų ir tvirtai sujungtų šilumokaičio plokšteles.



10 pav. Plokštelinio šilumokaičio konstrukcija.

Lituotų plokštelinių šilumokaičių plokštelių litavimui gali būti naudojamas varis, nikelis arba nerūdijantis plienas. 11 paveiksle parodyta nerūdijančio plieno plokštelė ir litavimo medžiagos – vario plokštelė.



11 pav. Šilumokaičio plokštelė ir litavimo medžiagos plokštelė.

Unikalus šilumokaičio plokštelių raštas pagerina šilumos perdavimo efektyvumą ir užtikrina didesnę šilumos perdavimo greitį net ir esant mažesniai šilumos perdavimo plotui, palyginti su vamzdeliniais šilumokaičiais.

Tvirta lituota konstrukcija be tarpiklių užtikrina aukštą sandarinimo efektyvumą, puikų atsparumą slėgiui ir didelį atsparumą karščiui ir šalčiui.

Lituota konstrukcija leidžia naudoti plonesnes plokšteles, todėl konstrukcija yra kompaktiškesnė ir lengvesnė, palyginti su panašios galios vamzdiniais šilumokaičiais. Be to, lituotų šilumokaičių konstrukcija yra kompaktiškesnė ir lengvesnė nei išardomų šilumokaičių.

Šilumokaičio konstrukcija leidžia vykdyti šilumos mainus esant tobulam priešpriešinės srovės srautui ir labai aukštam šilumos perdavimo efektyvumui. Vadinasi, ši funkcija leidžia panaudoti skysčius, kurių temperatūros skirtumas yra 1°C ar mažesnis.

6.2. Išardomi plokšteliniai šilumokaičiai

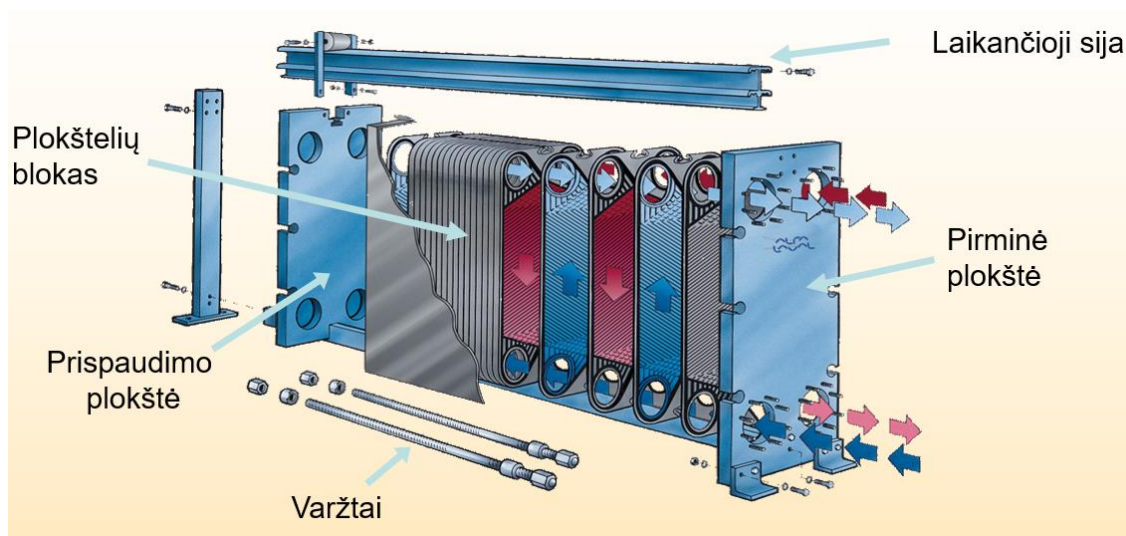
Plokšteliniai šilumokaičiai gaminami iš plonų korozijai atsparių metalinių plokščių lakštų, tokių kaip nerūdijančio plieno ir titano. Šių plokščių paviršiuje presu suformuotas gofruotas raštas. Plokštės suspaudžiamos, o tarpai tarp plokščių užsandarinami guminėmis tarpinėmis. Plokštės sukabinamos ant laikančiosios sijos ir suspaudžiamos varžtais naudojant pirminę ir prispaudimo plokštes. Šilumokaičio plokštelės su tarpinėmis parodytos 12 paveiksle.



12 pav. Šilumokaičio plokštelės su tarpinėmis

Tokia šilumokaičio konstrukcija leidžia lengvai keisti šilumokaičio galią keičiant šilumokaičio plokštelių skaičių.

Išardomi plokšteliniai šilumokaičiai sudaryti iš 2 plokščių: pirminės ir prispaudimo. Šilumokaičio plokštelės su tarpinėmis sukabinamos ant laikančiosios sijos ir varžtais suspaudžiamos tarp šių dviejų plokščių.



13 pav. Išardomo plokštelinio šilumokaičio konstrukcija.

Plokšteliniai šilumokaičiai naudojami šilumos perdavimo procesuose beveik visose pramonės šakose. Šilumokaičių tarpinės parenkamos specialiai pagal darbo sąlygas. Galimas platus tokių tarpinių asortimentas: NBR, EPDM, IIR, FPM, silikoninės ir kt

6.3. Vamzdeliniai šilumokaičiai:

Vamzdeliniai šilumokaičiai yra vieni iš dviejų labiausiai paplitusių šilumokaičių tipų; kitas tipas yra plokšteliniai šilumokaičiai.



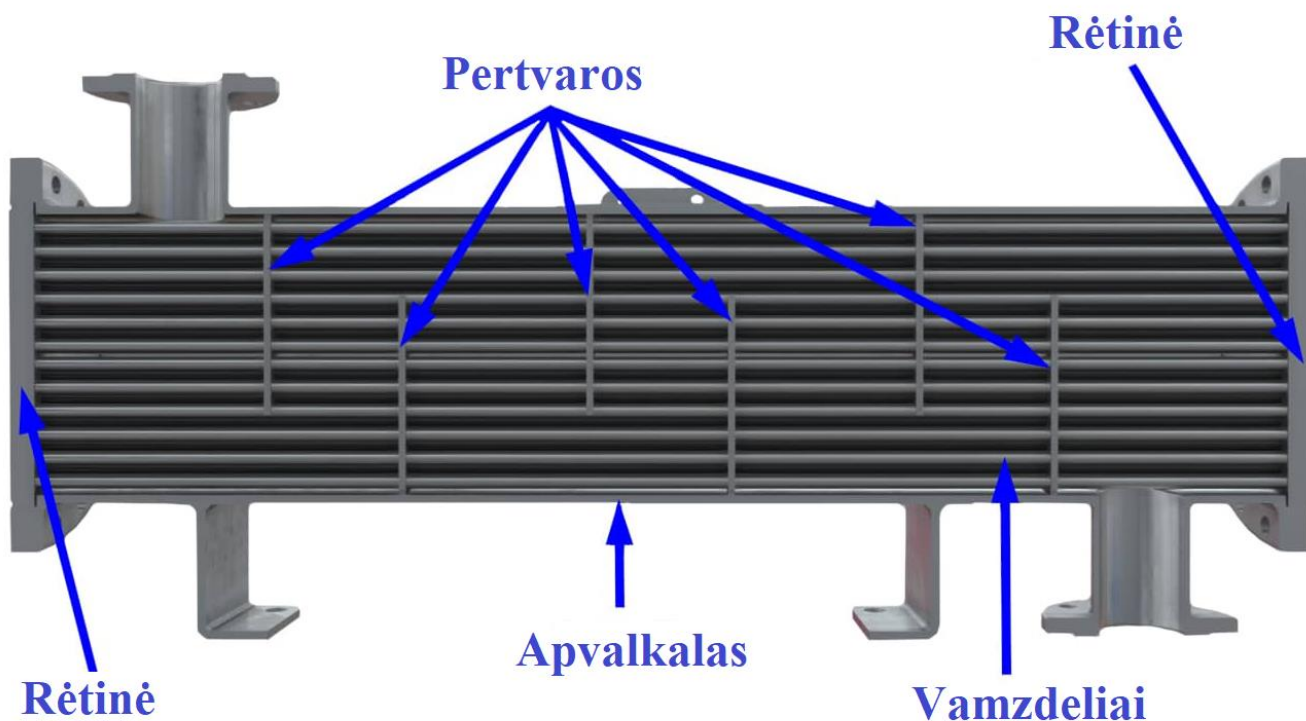
14 pav. Vamzdeliniai šilumokaičiai

Vamzdeliniai šilumokaičiai yra paprastos konstrukcijos. Jie pasižymi labai dideliu šilumos perdavimo greičiu, nors yra ženkliai didesni nei panašios šiluminės galios plokšteliniai šilumokaičiai.

Vamzdinio šilumokaičio konstrukcija

Vamzdelinis šilumokaitis susideda iš daugybės vamzdžių, esančių cilindrinėje talpykloje, vadinamoje „apvalkalu“. Visi korpuse esantys vamzdeliai bendrai vadinami „vamzdelių ryšuliu“. Kiekvienas vamzdelis kerta keletą pertvarų ir rėtinių. Viena iš vamzdžių rėtinių yra fiksuota, o kita - gali laisvai judėti. Tai leidžia kompensuoti metalinių vamzdelių šiluminį plėtimąsi, kai šilumokaitis šildomas.

15 paveiksle pateikta vamzdelinio šilumokaičio konstrukcija.



15 pav. Vamzdelinio šilumokaičio konstrukcija.

Vamzdeliais paprastai teka aukšto slėgio skysčiai, nes kiekvienas vamzdis gali veikti kaip mažas slėgio indas; taip pat ekonomiškiau yra gaminti aukšto slėgio vamzdžius, nei gaminti aukšto slėgio šilumokaičio korpusus.

7. Variu lituotų šilumokaičių gedimai ir rekomendacijos

Karšto vandens gamybai gyvenamų namų šilumos punktuose Lietuvoje dažniausiai naudojami variu lituoti šilumokaičiai. Vienuose miestuose ar net miesto dalyse šie šilumokaičiai sėkmingai eksploatuojami 10 ir daugiau metų. Kituose – gali dažnai gesti (kiurti) ir turi būti keičiami kas pora metų ar net dažniau. Analizuodami variu lituotų šilumokaičių gedimus ir jų priežastis, galime padaryti išvadą,

kad dažniausiai šilumokaičių avarijas sukelia šildomo vandens kokybė. Norint išvengti variu lituotų šilumokaičių gedimų arba prailginti jų eksploatacijos laiką galime:

- Keisti vandens sudėtį ir kokybę. Bet tai reikalauja daug sudėtingos įrangos, bei papildomų sąnaudų. Nuolat naudoti technologines priemones vandens sudėties keitimui.
- Naudoti naujas lituotų šilumokaičių technologijas, kaip Microplate, CoResist, Sealix. Bet tai irgi ne išeitis, nes šilumokaičiai žymiai brangesni ir vis tiek genda (nors tarnauja šiek tiek ilgiau).
- Naudoti nerūdijančiu plienu sulituotus šilumokaičius Alfa Nova, Luna. Tačiau jų kaina 3-4 kartus didesnė nei variu lituotų ir didesnė nei išardomų šilumokaičių.
- Keisti į vamzdelinius šilumokaičius. Bet jie būtų didesnių gabaritų nei plokšteliniai ir brangiai kainuotų.

Keičiant sistemoje sumontuotą šilumokaitį rekomenduojama:

- išnagrinėti šildomo vandens cheminę sudėtį ir ją palyginti su 3 lentelėje pateiktomis rekomendacijomis dėl šilumokaičio metalų pasirinkimo;
- išsiaiškinti kokie šilumokaičiai sumontuoti gretimuose šilumos punktuose ir išsiaiškinti jų eksploatacijos laiką;
- pabandyti variu lituotą plokštelinį šilumokaitį pakeisti kito gamintojo (su didesniais tarpais tarp plokštelių) šilumokaičiu;
- pasirinkti išardomą šilumokaitį.

8. Įvairių gamintojų šilumokaičių palyginimas.

Tokio pačio galingumo įvairių gamintojų variu lituoti šilumokaičiai gali skirtis savo gabaritais.



16 pav. Variu lituotų šilumokaičių gabaritų palyginimas.

Šilumokaičių gamintojai, tobulindami šilumokaičių konstrukciją, stengiasi sumažinti jų gabaritus. Atitinkamai sumažėja medžiagų, reikalingų šilumokaičiui pagaminti kiekis ir šilumokaičių kaina. Tam pasitelkiamos įvairios plokštelių paviršiaus ploto padidinimo technologijos (formuojami įvairūs raštai ant plokštelių), naudojamos plonesnės plokštelės, mažinami tarpai tarp plokštelių. Visa tai įtakoja šilumokaičių gabaritus. 16 pav. pateiktų šilumokaičių šiluminė galia yra vienoda. Plokštelių išoriniai matmenys, pajungimai ir atstumai tarp pajungimo atvamzdžių yra visiškai vienodi, tačiau vienas šilumokaitis yra ilgesnis už kitą. Vadinasi vienas gamintojas naudoja storesnes plokšteles ir didesnius tarpus tarp plokštelių kitas – mažesnius. Mažesni tarpai tarp plokštelių gali greičiau užsinešti įvairiomis nuosėdomis ir užsikišti. Taip sumažėja šilumokaičio darbo efektyvumas, o po nuosėdomis gali prasidėti įvairūs korozijos procesai.

Todėl keičiant sugedusį šilumokaitį, pirmiausiai rekomenduojame išbandyti kito gamintojo šilumokaitį, kadangi galima rasti analogiškų matmenų kito gamintojo šilumokaitį ir nereikės perdaryti šilumokaičio pajungimų.

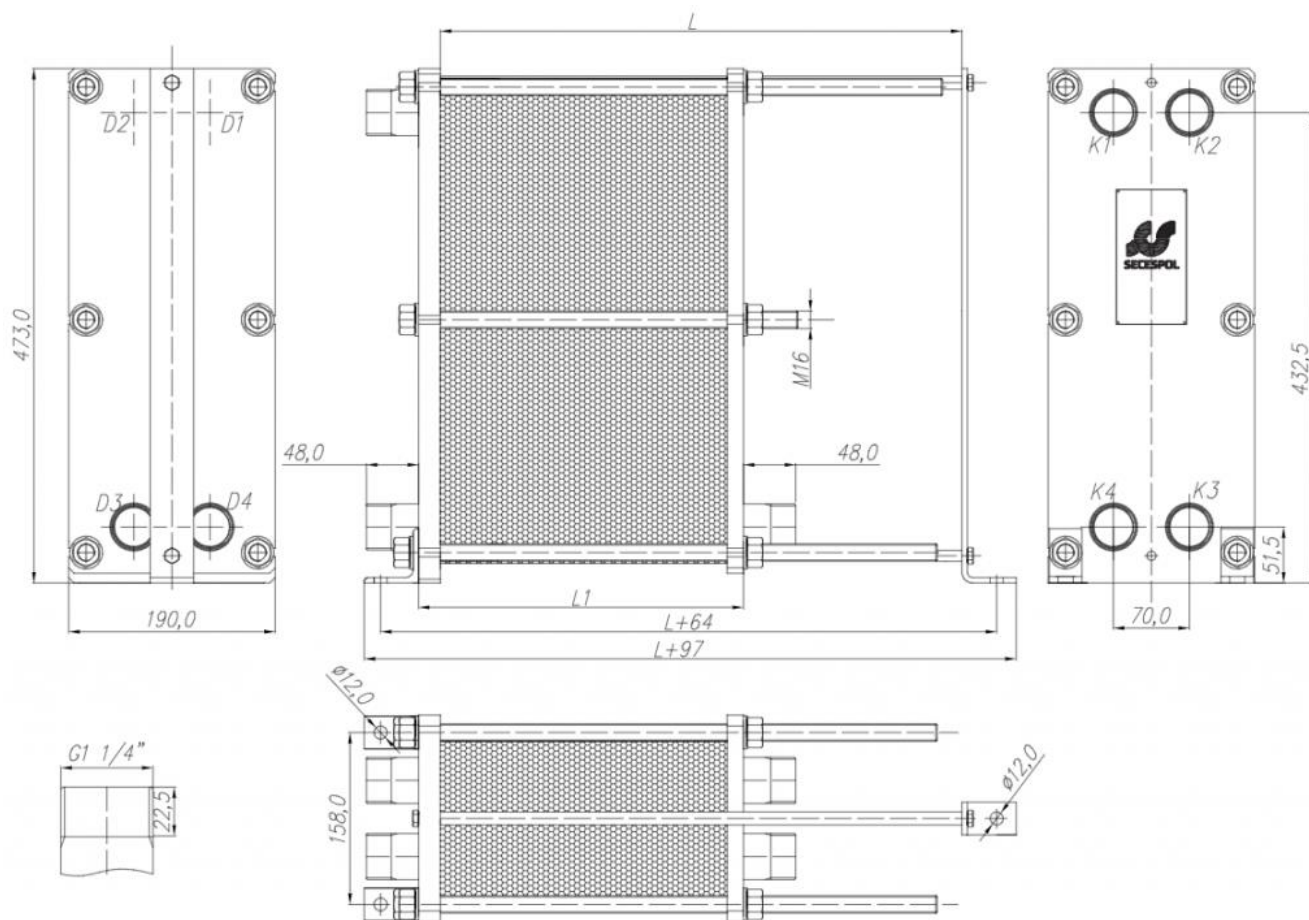
Jeigu variu lituoto šilumokaičio pakeitimas į kito gamintojo analogišką šilumokaitį neduoda norimo rezultato, rekomenduojama lituotą šilumokaitį pakeisti į išardomą šilumokaitį.

Išardomi šilumokaičiai yra didesnių gabaritų nei lituoti, todėl reikės perdaryti šilumokaičio pajungimus, bei daugiau vietos šilumokaičio sumontavimui (17 pav.).



17 pav. Tos pačios šiluminės galios šilumokaičių gabaritų palyginimas.

Nežiūrint į tai šiuolaikiniai išardomi šilumokaičiai yra pakankamai kompaktiški ir nedidelio svorio. 18 pav. pateikti išardomo šilumokaičio gabaritai.



18 pav. Išardomo šilumokaičio gabaritai.

Šio šilumokaičio svoris 48 kg, todėl jį atsinešti į šilumos punktą ir sumontuoti gali du žmonės.

Šilumokaičių keitimo ekonominę analizę rasite papildomame dokumente pagal šią nuorodą:

Gsheet lentelė „Išardomų šilumokaičių keitimo ekonominis skaičiavimas“ –

https://docs.google.com/spreadsheets/d/13sLrsrZp5lB9tOGL_GBtGGZYS_CNsGABlmK5zfApjfo/edit#gid=0

IŠVADA: Šilumokaičių keitimo kaštų analizė parodė, kad jei lituotas šilumokaitis genda dažniau nei kas 2-4 metai, tai ekonomiškai yra naudingiau montuoti išardomą šilumokaitį.