

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
ELEKTROS INŽINERIJOS KATEDRA

Modestas Gelžinis

ATSINAUJINANČIŲJŲ ENERGIJOS ŠALTINIŲ EFEKTYVUMO
TYRIMAS
Magistro darbas

Vadovas

doc.dr. E.V.Navardauskas

ŠIAULIAI, 2010

ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
TECHNOLOGIJOS FAKULTETAS
ELEKTROS INŽINERIJOS KATEDRA

TVIRTINU
Katedros vedėjas

Lekt. G.Valiulis

2010

ATSINAUJINANČIŲJŲ ENERGIJOS ŠALTINIŲ EFEKTYVUMO
TYRIMAS

Magistro darbas

Vadovas

doc.dr. E.V.Navardauskas

2010

Recenzentas

ŠU Technologijos fakulteto
Elektros inžinerijos katedros

Atliko

EM – 8 gr. stud.
M.Gelžinis

2010

Lekt. G.Valiulis

2010

ŠIAULIAI, 2010

SUMMARY

Gelžinis M. Analysis of efficiency for renewable energy sources/ supervisor dr. assoc. prof E. V. Nevardauskas; Šiauliai university, Technological faculty, Electric department. Šiauliai, 2010. 49p.

Issue of this paper is the efficiency of the heating system with heat pump .

Aim of this paper is evaluate the heating system with heat pum efficiency.

The main tasks is to calculate building heat demand , to examine the potential of energy saving measures and their cost, explore operating principle of heat pump, suggest possible directions in development of heat pumps, compare theoretical calculations with measured data .The paper also provides evaluation of alternative heating systems, comparation of energy costs for different heating systems, calculation of pay back period for heat pump. The conclusions and recomendations are given. This thesis can be useful in selection of heting system for building , and selection of heatpump type.

SANTRAUKA

Gelžinis M. Atsinaujinančiųjų energijos šaltinių efektyvumo tyrimas/ mokslinis vadovas Doc.dr. E. V. Nevardauskas; Šiaulių universitetas, Technologijos fakultetas, Elektros inžinerijos katedra. Šiauliai, 2010. 49p.

Baigiamajame magistro darbe nagrinėjamas šildymo sistemos su šilumos siurbliu efektyvumas. Baigiamojo magistro darbo tikslas – įvertinti šildymo sistemos su šilumos siurbliu efektyvumą. Pagrindiniai darbo uždaviniai: apskaičiuoti pastato šilumos poreikius, išnagrinėti galimas energijos taupymo priemones ir jų kainą, detalai išnagrinėti šilumos siurblio veikimo principą, pateikti galimas šilumos siurblių tobulinimo kryptis, palyginti teorinius skaičiavimus su gautais matavimo duomenimis. Darbe taip pat pateikiamas alternatyvių šildymo sistemų vertinimas, skirtingų sistemų energijos kaina, apskaičiuojamas šilumos siurblio sistemos atsipirkimo periodas. Išnagrinėjus teorinius ir praktinius šildymo sistemos su šilumos siurbliu aspektus, pateikiamos baigiamojo darbo išvados ir siūlymai. Šis baigiamasis darbas gali būti labai naudingas pasirenkant pastato šildymo sistemos tipą, o taip pat ir šilumos siurblio modelį.

Darbą sudaro šios pagrindinės dalys: įvadas, tiriamojo objekto charakteristika, šilumos siurblys, techninis finansinis įvertinimas, išvados, literatūra.

Darbo apimtis– 49 p. teksto be priedų, 10 lent., 27 pav., 19 bibliografinių šaltinių.

TURINYS

1. Įvadas.....	8
2. Tiriama objekto charakteristika.....	9
2.1. Objekto šilumos ir karšto vandens poreikis.....	9
2.2. Šilumos poreikių grindimas.....	11
2.3. Pastato šilumos taupymo priemonių atsipirkimas ir investicijų efektyvumas.....	13
2.4. Pastato, kurio šilumos izoliacija tokia, kad gyveni, bet nebereikia šildyti, ypatybės.....	14
2.5. Objekto šildymo sistemos įranga.....	16
3. Šilumos siurblys.....	17
3.1. Šilumos siurblio sandara.....	17
3.2. Šilumos siurblio veikimo principas.....	20
3.3. Karno ciklas.....	21
3.4. Šilumos siurblio naudingumo koeficientas (COP).....	22
3.5. Šilumos šaltiniai.....	24
3.6. Teorinės galimybės ir galimos tobulinimo kryptys.....	27
3.7. Realių šilumos siurblių charakteristikos.....	32
4. Techninis finansinis įvertinimas.....	35
4.1. Šildymo siurblio kaina.....	35
4.2. Energijos kaina.....	36
4.3. Investicijų į šilumos siurblio sistemą efektyvumo vertinimas, taikant grynosios dabartinės vertės metodą.....	38
4.4. Alternatyvų vertinimas taikant esamosios vertės metodą.....	39
4.5. Sistemos atsipirkimo periodas.....	41
4.6. Elektros tinklo kaina	42
5. Išvados.....	48
6. Literatūra.....	49

LENTELĖS

1. Pasyviojo pastato šilumos perdavimo koeficientai ir šiluminės varžos.....	14
2. Įprasto ir pasyvaus pastato palyginimas.....	15
3. Šilumos siurblio 1 sąmata.....	35
4. Šilumos siurblio 2 sąmata.....	35
5. Šilumos siurblio 3 sąmata.....	35
6. Šildymo sistemų energijos kaina.....	37
7. Teorinės išlaidos už šildymą.....	37
8. Alternatyvų vertinimas.....	39
9. Elektros tinklo sąmata (10kW).....	43
10. Elektros tinklo sąmata (15kW).....	45

PAVEIKSLAI

1. Pastato termovizinės nuotraukos.....	11
2. Šilumos siurblys.....	16
3. Šildymo sistemos principinė schema.....	16
4. Reguliuojami kolektoriai CFD, Danfoss.....	17
5. Termopavara TWA-A, 230V, NC, Danfoss.....	17
6. Laidinis kambario termostatas FH-WT, 230V, Danfoss.....	17
7. Šilumos siurblio sandara.....	18
8. Šilumos siurblio veikimo principas.....	20
9. T-S diagrama.....	21
10. Paviršinio grunto sistema.....	24
11. Gręžinio sistema.....	25
12. Gruntinio vandens sistema.....	25
13. Šilumos siurblio struktūrinė schema.....	28
14. Šilumos siurblio darbo ciklas.....	28
15. Scroll VI kompresorius.....	29
16. Kompresorių darbo kreivių palyginimas.....	29
17. Kompresorių darbo ciklų palyginimas.....	30
18. Cirkuliacinių siurblių varikliai.....	30
19. Metinis cirkuliacinių siurblių energijos suvartojimas.....	31
20. Mėnesinės išlaidos už šildymą ir karštą vandenį.....	32
21. Išlaidos už šildymą ir karštą vandenį per šildymo sezoną.....	32
22. Lauko temperatūra per šildymo sezoną.....	33
23. Naudota galia per šildymo sezoną.....	33
24. Elektros energijos poreikis priklausomai nuo lauko temperatūros.....	34
25. Teorinės išlaidos už šildymą.....	37
26. Elektros tinklas (10kW).....	42
27. Elektros tinklas (15kW).....	45

1. ĮVADAS

Atsinaujinančių energijos išteklių panaudojimas energetikoje ir energijos vartojimo efektyvumo didinimas yra vieni iš esminių ne tik Lietuvos, bet ir visos Europos Sąjungos (ES) energetikos strategijos tikslų.

Paveldėtame energetikos sektoriuje, ypač vartotojų pusėje, kai iš esmės viskas buvo pritaikyta pigios energijos sąlygoms, glūdi didelis energijos taupymo potencialas. Spartus, visapusiškas šio potencialo panaudojimas yra pagrindinis strateginis tikslas. Lietuvai, beveik neturinčiai savų pigių pirminių energijos išteklių, racionalus, efektyvus ir taupus įvairių rūšių energijos vartojimas visose energetinio ciklo grandyse yra nuolatinis tikslas ir prioritetas.

Lietuva įsipareigojusi ES iki 2020 metų pasiekti, kad Lietuvoje atsinaujinantys energijos šaltiniai galutinės energijos suvartojimo balanse sudarytų 23 proc., todėl kitas Lietuvos energetikos strategijos tikslas yra panaudoti kiek galima daugiau atsinaujinančių energijos išteklių, tokių kaip biomasė, hidroenergija, komunalinės atliekos, saulės energija, vėjo energija, geoterminė energija.

Baigiamajame magistro darbe bus nagrinėjamas šilumos siurblių panaudojimas bei energijos taupymo priemonių efektyvumas individualiame ūkyje.

Pagrindiniai darbo uždaviniai: apskaičiuoti pastato šilumos poreikius, išnagrinėti galimas energijos taupymo priemones ir jų kainą, detaliai išnagrinėti šilumos siurblio veikimo principą, pateikti galimas šilumos siurblių tobulinimo kryptis, palyginti teorinius skaičiavimus su gautais matavimo duomenimis.

Pagrindinė kliūtis spartesniam šilumos siurblių panaudojimui namų ūkiuose yra sistemos kaina, todėl šiame darbe yra atliekami ir ekonominiai skaičiavimai. Apskaičiuojamas sistemos atsipirkimo periodas, atliekamas skirtingų šildymo sistemų ekonominis palyginimas, apskaičiuojama suvartojamos energijos kaina.

Lietuvos rinkoje yra siūloma labai didelė šilumos siurblių įvairovė, todėl nesusipažinus su šilumos siurblio sandara ir veikimo principu labai sunku išsirinkti poreikius ir galimybes atitinkantį šilumos siurblių. Šis baigiamasis darbas palengvins šios įrangos pasirinkimą.

2. TIRIAMOJO OBJEKTO CHARAKTERISTIKA

2.1. OBJEKTO ŠILUMOS IR KARŠTO VANDENS POREIKIS

Nagrinėjamas dviejų aukštų naujos statybos namas (160 m² šildomo ploto), esantis Šiaulių mieste. Pastato fasadas orientuotas į rytus. Iš šiaurės ir vakarų namas supamas kitų pastatų, rytuose auga miškas, o pietuose (apie 500m) atviras laukas. Name gyvena keturių asmenų šeima. Dauguma langų yra išdėstyti pietinėje ir vakarinėje namo dalyse. Name sumontuota grindinė šildymo sistema. Name sumontuotas židinytis, todėl avariniu atveju (dingus elektrai) namą galima būtų šildyti židiniu. Kapsulėje sukurta šiluma ortakiais paduodama į visus kambarius. Pagrindinis šilumos generatorius yra šilumos siurblys žemė-vanduo „Thermia Diplomat optimum 10“ su vertikaliu kolektoriumi 2x60m.

Pradiniai pastato duomenys:

Šildomas plotas $F=160\text{m}^2$

Karšto vandens norma vienam žmogui per parą $V_p^{k.v} = 0,12\text{m}^3 / p$

Šilumos sąnaudos 1m² šildyti $\rho^{\text{š}} = 75\text{kWh} / \text{m}^2$

Šilumos sąnaudos 1m³ karšto vandens pašildymui iki +55⁰C, $\rho_{\text{š.sez}}^{k.v} = 51,17\text{kWh} / \text{m}^3$

Vanduo tiekiamas $n_{\text{zm}}=4$.

Šildymo sezono trukmė $\tau_{\text{š.sez}} = 201\text{d} = 4824\text{h}$.

Ne šildymo sezonas $\tau_{\text{ne.sez}} = 164\text{d} = 3936\text{h}$

Grindiniam šildymui tiekiamas vanduo -35⁰C.

Projektinis šilumos poreikis šildymui nustatomas pagal formulę:

$$Q_{ah} = \sum \Phi * \frac{\theta_i - \theta_{\text{šs}}}{\theta_i - \theta_e} * t * 24 * 10^{-3} \text{kWh}; \quad (1)$$

Čia: $\Sigma\Phi$ – suminiai pastato šilumos poreikiai, W;

θ_i – vyraujanti pastato projektinė temperatūra, (20⁰C);

θ_e – projektinė išorės temperatūra, pagal kurią skaičiuojami šilumos nuostoliai patalpose (-22⁰C) ;

$\theta_{\text{šs}}$ – vidutinė šildymo sezono temperatūra, (-0,3⁰C, iš RSN 156-94)

t – šildymo sezono trukmė (201 diena, iš RSN 156-94)

Standartiniai šilumos nuostoliai naujos statybos namams Lietuvoje yra apie 60-75W/m².

Nagrinėjamo objekto suminiai šilumos nuostoliai:

$$\Sigma\Phi=160 * 75= 12000\text{W}$$

Projektinis šilumos poreikis šildymui:

$$Q_{ah} = 12000 * \frac{20 - (-0,3)}{20 - (-22)} * 201 * 24 * 10^{-3} = 27979\text{kWh} / \text{šs}$$

Vidutinis šilumos poreikis šildymui:

$$Q_{\text{š.sez}}^{\text{š}} = F * q^{\text{š}} = 160 * 75 = 12000\text{kWh} / \text{š.sez} \quad (2)$$

Šilumos sąnaudos karštam vandeniui per šildymo sezoną:

$$Q_{\check{s}.sez}^{k.v} = V_p^{k.v} * n_{\check{z}m} * \tau_{\check{s}.sez} * q_{\check{s}.sez}^{k.v} = 0,12 * 4 * 201 * 51,17 = 4937 \text{ kWh}/\check{s}.sez \quad (3)$$

Šilumos sąnaudos karštam vandeniui ne šildymo sezono metu:

$$Q_{ne.sez}^{k.v} = V_p^{k.v} * n_{\check{z}m} * \tau_{ne.sez} * q_{ne.sez}^{k.v} = 0,12 * 4 * 164 * 51,17 = 4028 \text{ kWh}/ne.sez$$

Suminės šilumos sąnaudos per šildymo sezoną:

$$Q_{\check{s}.sez}^s = Q_{\check{s}.sez}^{\check{s}} + Q_{\check{s}.sez}^{k.v} = 12000 + 4937 = 16937 \text{ kWh}/\check{s}.sez \quad (4)$$

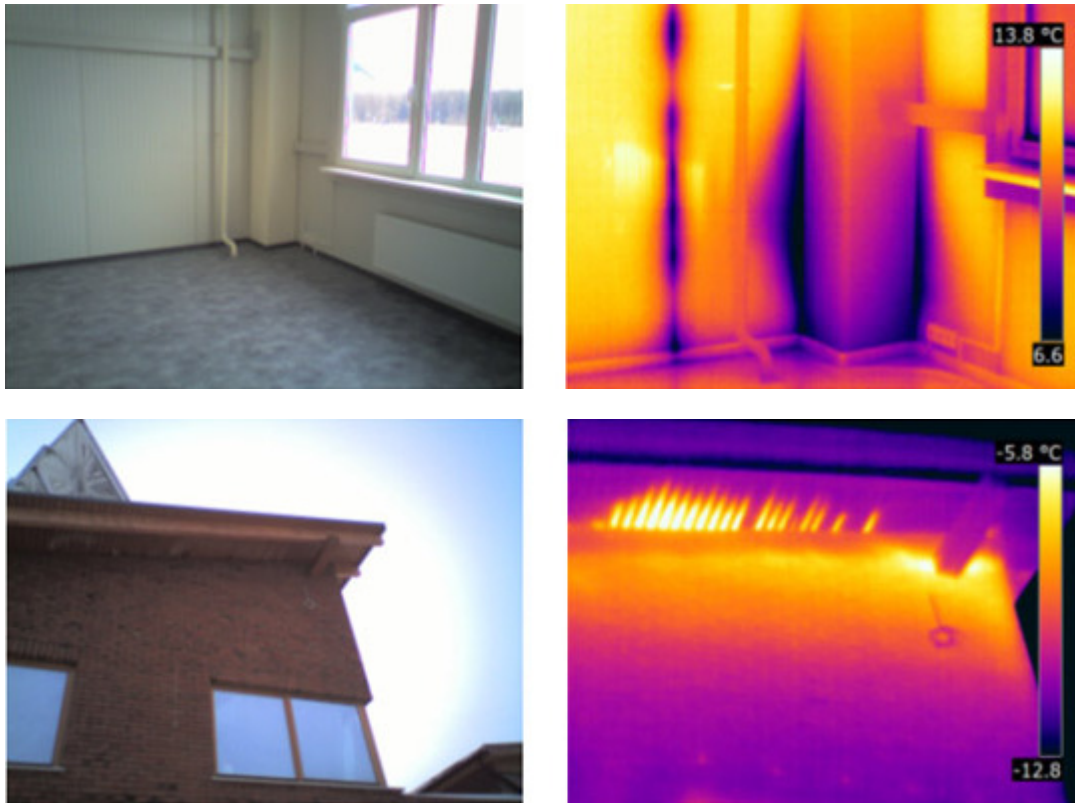
Suminės šilumos sąnaudos per metus:

$$Q_{met}^s = Q_{\check{s}.sez}^{\check{s}} + Q_{\check{s}.sez}^{k.v} + Q_{ne.sez}^{k.v} = 12000 + 4937 + 4028 = 20965 \text{ kWh}/met.$$

2.2. ŠILUMOS POREIKIŲ GRINDIMAS

Šiuo metu sparčiai didėjančios šilumos energijos kainos formuoja naują požiūrį į taupų energijos vartojimą pastatų šildymui. Pastato šiluminės savybės yra vienas svarbiausių pastato vertės kriterijų. Šiltas ir taupus namas – tai kiekvieno siekiamas pagrindinis tikslas.

Šiais laikais kiekvienam nekilnojamo turto savininkui aktuali šilumos išlaikymo būste problema. Kuo daugiau apšiltinimo ar statybų broko padaryta statant pastatą, tuo sunkiau jo savininkui išlaikyti jame norimą temperatūrą. Eksploatuojant pastatus dažnai kyla abejonių, ar šilumos kiekis, už kurį reikia mokėti, yra pagrįstas. Deja, kaip rodo atliekami tyrimai, pro nesandarias sienas, lubas, grindis, langus prarandama daug šilumos ir būste nesijaučiame komfortiškai. Šilumos nuostoliai ženkliai padidina šilumos suvartojimą, todėl mus skatina ieškoti efektyvių šilumos nuostolių nustatymo būdų ir priemonių šiai problemai spręsti.



1 pav. Pastato termovizinės nuotraukos

Vienas perspektyviausių šilumos nuostolių nustatymo būdų renovacijos arba naujos statybos darbų kokybei patikrinti yra termovizinė diagnostika (nuotraukos pavaizduotos 1pav.). Atliekant pastato termovizinį tyrimą nustatomi namo konstrukcijų defektai ir vietos, kur reikalinga renovacija siekiant pagerinti šiluminės energijos panaudojimo efektyvumą. Termovizinį tyrimą galima atlikti ir didelėse gamybinėse patalpose, ir daugiabučiuose ar individualiuose gyvenamuosiuose namuose, diagnozuojant ir iš pastato lauko, ir iš vidaus. Šie tyrimai atliekami tik šildymo sezono metu, kai išorės ir vidaus temperatūrų skirtumas yra didelis. Tokia diagnostika išties praverstų gyventojams, norintiems būstą

padaryti kiek įmanoma sandarų ir išsekvoti mažiau šilumos energijos, palengvinti finansinę našą, nes konkrečiai nustatoma, kokios pastato vietos yra blogiausiai izoliuotos, t.y., per kurias pastato vietas prarandama daugiausia šilumos. Renovavus pastatą ir naujai atlikus termonuotruokas galima įsitikinti atliktų darbų kokybe.

Atlikdami termovizinį tyrimą, turime galimybę pamatyti, kur susidaro šalčio tiltai, pro kurias sandūras iškeliauja šilumą, įvertinti šiluminės izoliacijos stovį, stogo būklę, langų, durų bei jų įstatymo kokybę, grindų ir grindinio šildymo defektus, drėgmės kaupimosi vietas. Nustačius tikslias defektines pastato vietas, galime lengviau priimti tinkamus sprendimus apšiltinant būstą. Kad žiemą namuose būtų jauku ir šilta, dažnai pakanka apšiltinti tik atskiras pastato vietas, užuot apšiltinant visą namą.

Termovizinių tyrimų statistika byloja, jog dažniausiai vadinamieji šalčio tiltai susiformuoja fasadinių sienų kampuose, stogo ir sienos sandūroje, grindų ir sienų jungtyse. Šilumą neretai praleidžia ir nekokybiškai įstatytos durys, nemokšiška sumontuoti langai.

Kiekvienas kūnas, kurio temperatūra yra aukštesnė už absoliutų nulį, spinduliuoja energiją, arba infraraudonuosius spindulius. Nuo paviršiaus temperatūros priklauso spinduliavimo intensyvumas: kuo aukštesnė, tuo spinduliavimas intensyvesnis, ir atvirkščiai. Žmogaus akis jų nemato, tačiau yra sukurti šių spindulių imtuvai, kurių pagalba sukuriamas matomas vaizdas. Tai atlieka termovizoriai. Termovizijos įrangoje yra įdiegtos tam tikros papildomos funkcijos. Neužtenka matyti, kad tam tikroje vietoje iškeliauja šiluma ar įeina šaltis. Termovizorius dar turi parodyti, ar padėtis išties bloga, padėti suvokti, kodėl taip yra, ko reikia griebtis. Todėl juose integruotas vadinamasis rasos taško pavojaus signalas. Jis parodo, kurioje vietoje temperatūra yra žemesnė nei vadinamasis rasos taškas, o tokiomis sąlygomis gali susidaryti kondensatas. Įvertinus pastatą galima pasakyti, ką pirmiausia reikia rekonstruoti.

2.3. PASTATO ŠILUMOS TAUPYMO PRIEMONIŲ ATSIPIRKIMAS IR INVESTICIJŲ EFEKTYVUMAS

Kaip žinome, standartiniai šilumos nuostoliai naujos statybos namams Lietuvoje yra apie 60-75W/m², senos statybos namams šie nuostoliai yra 200-250 W/m².

Didžiausi šilumos nuostoliai pastatuose būna per:

- Lauko sienas
- Langus
- Stogą
- Šilumos nuostoliai lauko orui, patekusiame į patalpą, sušildyti

Šilumos nuostolius galima mažinti izoliuojant sienas bei stogą, taip pat - pakeičiant arba sutvarkant langus, įrengiant šilumos atgavimo iš šalinamo oro (mechaninio vėdinimo atveju) sistemas.

Nagrinėjamam naujam namui vidutinis šilumos poreikis šildymui sudaro - 12000kWh/š.sez

Elektros energijos sąnaudos (šildymui) naudojant šilumos siurbį - 3000kWh

Išlaidos šildymui – 1215Lt

Senos statybos namui šilumos poreikis būtų - 40000kWh/š.sez

Elektros energijos sąnaudos (šildymui) naudojant šilumos siurbį - 10000kWh

Išlaidos šildymui – 4050Lt

Kaip matome iš pateiktų duomenų gerai apšiltintas namas per metus sutaupo 2835Lt.

Investicijos į apšiltinimo medžiagas (≈80 m³) ir sandarius langus bei duris sudarė apie 30000Lt.

Koks šių investicijų atsipirkimo laikotarpis?

Atsipirkimo laikotarpis (Payback period PP) suprantamas kaip tam tikras periodas, per kurį grynojo pelno, diskontuoto investicijų projekto pabaigos momentui, suma lygi investicijų sumai:

$$\sum_{k=1}^n \frac{P_k}{(1+i)^k} = \sum_{j=1}^t IC_j \quad (5)$$

$$PP = \frac{2835}{(1+0.05)} + \frac{2835}{(1+0.05)^2} + \frac{2835}{(1+0.05)^3} + \dots + \frac{2835}{(1+0.05)^{16}} = 30725 > 30000$$

Jei diskonto norma 5%, tai atsipirkimo laikas yra 16 metų.

Kaip rodo atliktas skaičiavimas, investicijų į pastato apšiltinimą atsipirkimas yra pakankamai ilgas, tačiau trumpesnis nei pastato tarnavimo laikas, todėl šios investicijos yra tikslingos.

2.4. PASTATO, KURIO ŠILUMOS IZOLIACIJA TOKIA, KAD NEBEREIKIA ŠILDYTI, YPATYBĖS

Sandarūs pastatai su didele šilumine varža vadinami pasyviais pastatais. Pasyviojo pastato šilumos nuostoliai per atitvaras – sienas, langus, duris, stogą yra labai maži, o šildymui pakanka geros vėdinimo su šilumograža sistemos, šilumos siurblio arba mažo galingumo katilo. Komfortas pastato viduje užtikrinamas ir vasarą, ir žiemą: nuolat į vidų tiekiamas išvalytas ir pašildytas ar atvėsintas lauko oras, masyvios sienos ir tinkami langai pastate pagerina garso izoliaciją. Pasyviojo pastato naudingajai erdvei šildyti sunaudojama iki 15 kWh/m² energijos per metus. Įvertinus ir karšto vandens paruošimą – sunaudojama ne daugiau nei 50 kWh/m² šiluminės energijos per metus. Bendras energijos suvartojimas – energijos sąnaudos erdvei šildyti, karštam vandeniui paruošti ir buitiniams elektros prietaisams pasyviuosiuose pastatuose neviršija 120 kWh/m² per metus. Naudojami A ir aukštesnės klasės elektros prietaisai. Pasyviojo namo gyventojai turi taupiai naudoti energiją. Laikantis pasyviojo namo standarto, reikia projektuoti pastatus su sandariomis ir itin gerai apšiltintomis atitvaromis. Pasyviojo namo langų ir kitų skaidrių atitvarų skaičius, jų kryptis pasaulio šalių atžvilgiu yra svarbūs veiksniai. Saulės spinduliai, žmonės, elektros prietaisai yra reikšmingi šiluminės energijos šaltiniai. Pasyviojo pastato šilumos perdavimo koeficientai ir šiluminės varžos pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė. Pasyviojo pastato šilumos perdavimo koeficientai ir šiluminės varžos

Kriterijaus pavadinimas	Pasyviojo pastato standartas
Sienų šilumos perdavimo koeficientas ir visuminė šiluminė varža	$U \leq 0,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}); R \geq 10 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
Stogo šilumos perdavimo koeficientas ir visuminė šiluminė varža	$U \leq 0,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}); R \geq 10 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
Grindų šilumos perdavimo koeficientas ir visuminė šiluminė varža	$U \leq 0,1 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}); R \geq 10 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
Langų staktų, durų šilumos perdavimo koeficientas ir visuminė šiluminė varža	$U \leq 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}); R \geq 1,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
Langų stiklo paketų šilumos perdavimo koeficientas ir visuminė šiluminė varža	$U \leq 0,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}); R \geq 1,25 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$
Ilginio šiluminio tiltelio šilumos perdavimo koeficientas	$\psi \leq 0,01 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$
Sandarumas	$N_{50} \leq 0,6 \text{ h}^{-1}$
Šilumos atgavimo naudingumo koeficientas	$\eta \geq 75 \text{ proc}$

Tam, kad geriau suprasti pasyviojo ir įprasto pastato skirtumus, privalumus ir trūkumus, atliekamas jų palyginimas, kuris pateiktas 2 lentelėje.

2 lentelė. Įprasto ir pasyvaus pastato palyginimas

KRITERIJUS	ĮPRASTINIS NAMAS	PASYVUS NAMAS
Energijos poreikis ir sąnaudos šildymui	≈120 kwh/m ² per metus	≤15 kwh/ m ² per metus
Ekologija	Įprasto namo CO ₂ emisija sudaro apie 30 kg/ m ² per metus	Pasyvaus namo CO ₂ emisija sudaro apie 2 kg/m ² per metus
Vėdinimo sistema	Dažniausiai sutinkama natūrali vėdinimo sistema. Dalis šilumos išeina pro kaminą ir patalpose temperatūra nuolat svyruoja	Nuolatinis filtruoto šviežio oro srautas užtikrina geriausią oro kokybę: ore nėra dulkių, žiedadulkių, alergenų, panaudotas oras nuolatos šalinamas. Šviežio ir šilto oro paskirstymas tuo pačiu metu atliekamas visame name
Šildymo sistema	Naudojama tradicinė šildymo sistema, t.y. katilinė, radiatoriai, grindinis šildymas ir t.t. bei natūrali ventiliacija, kuri neužtikrina nuolatinio šviežio ir gaivaus oro	Pasyvus namas neturi tradicinės šildymo sistemos, t.y. name nėra radiatorių, grindinio šildymo. Tokiame name šilumos nešėjas yra švarus oras, kurį į patalpas tiekia rekuperacinė ventiliacijos sistema su šilumokaičiu
Komfortas	Įprastiniame name sudėtinga nuolatos palaikyti komfortišką 20-23C° temperatūrą	Pasyviame name paprasta palaikyti pastovią +20C° temperatūrą. Nuolatinis filtruoto šviežio oro srautas tiekiamas per vėdinimo sistemą užtikrina geriausią oro kokybę. Sandarus pastato apvalkalas garantuos puikią oro ir garso izoliaciją
Pastato elementai	Tipinės U vertės ir izoliacijos storis	
Išorinės sienos Izoliacijos storis	0,20W/(m ² K) 20 cm	~0,13W/(m ² K) ~30 cm
Stogas Izoliacijos storis	0,16 W/(m ² K) 25 cm	~0,10 W/(m ² K) ~45 cm
Grindys ant grunto Izoliacijos storis	0,25W/(m ² K) 12 cm	~0,15 W/(m ² K) 30cm
Langai	1,3 W/(m ² K) Dvigubas stiklas, su šilumos izoliacija	0,8 W/(m ² K) Trigubas stiklas specialiu rėmu su šilumos izoliacija
Energijos sąnaudos šildymui, litrais naftos produktų 1 m² naudingojo ploto per metus	≈12 litrų / m ² per metus	≈1,5 litro/ m ² per metus

2.5. OBJEKTO ŠILDYMO SISTEMOS ĮRANGA

Individualaus namo šildymo sistemą sudaro:

Šilumos siurblys Thermia Diplomat optimum 10 (2 pav.)

Šaltnešis R407C,

Įtampa, V - 400V 3-N

Nominalus el. galingumas, kW

Kompresorius – 2,7 kW

Elektrinis kaitintuvas – 3/6/9 kW

Šiluminis galingumas, kW - 9,5/9,2

(Su cirkuliaciniais siurbliais, neužšalancio skysčio

įėjimo/termofikacinio vandens išėjimo

temperatūros yra 0/35°C ir 0/50°C)

Vandens šildytuvo tūris, l – 180

Naudingumo koeficientas (coefficient of performance –

COP) - 4,0/3,02

(Su cirkuliaciniais siurbliais, neužšalancio skysčio

įėjimo/termofikacinio vandens išėjimo

temperatūros yra 0/35°C ir 0/50°C).

Vidutinis naudingumo koeficientas (COP) – 3,44

(Su cirkuliaciniais siurbliais, neužšalancio skysčio

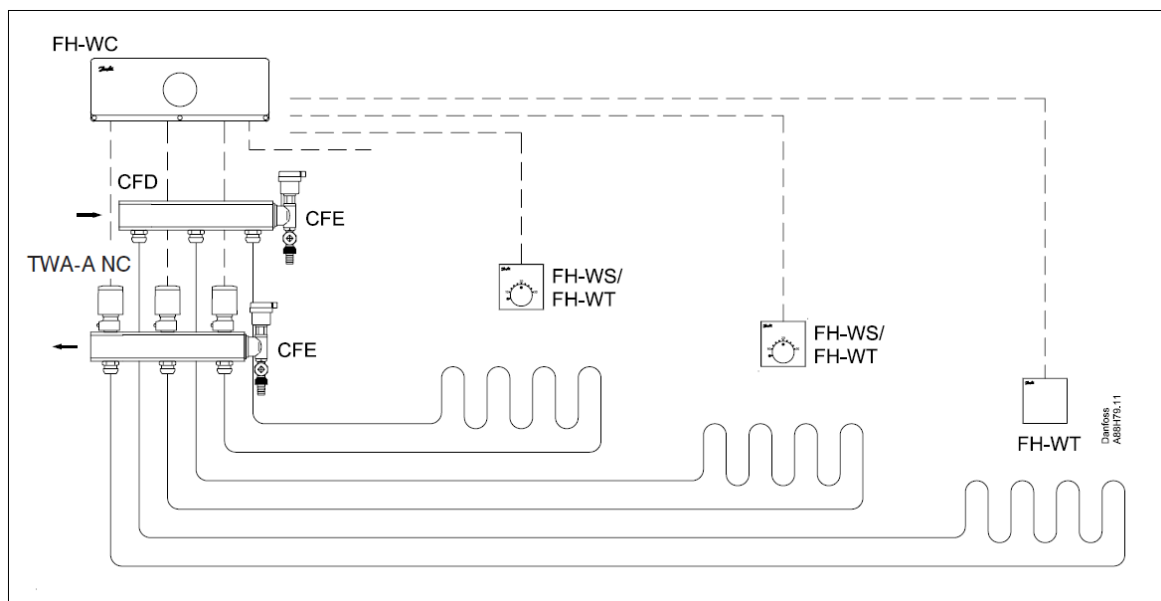
įėjimo/termofikacinio vandens išėjimo

temperatūros yra 0/45°C).

Šildymo sistemos principinė schema pavaizduota 3 paveiksle.



2 pav. Šilumos siurblys



3 pav. Šildymo sistemos principinė schema

Toliau patekiami kiti šildymo sistemos elementai (4,5,6 paveikslai).



4 pav. Reguliuojami kolektoriai CFD, Danfoss.



5 pav. Termopavara TWA-A, 230V, NC, Danfoss.

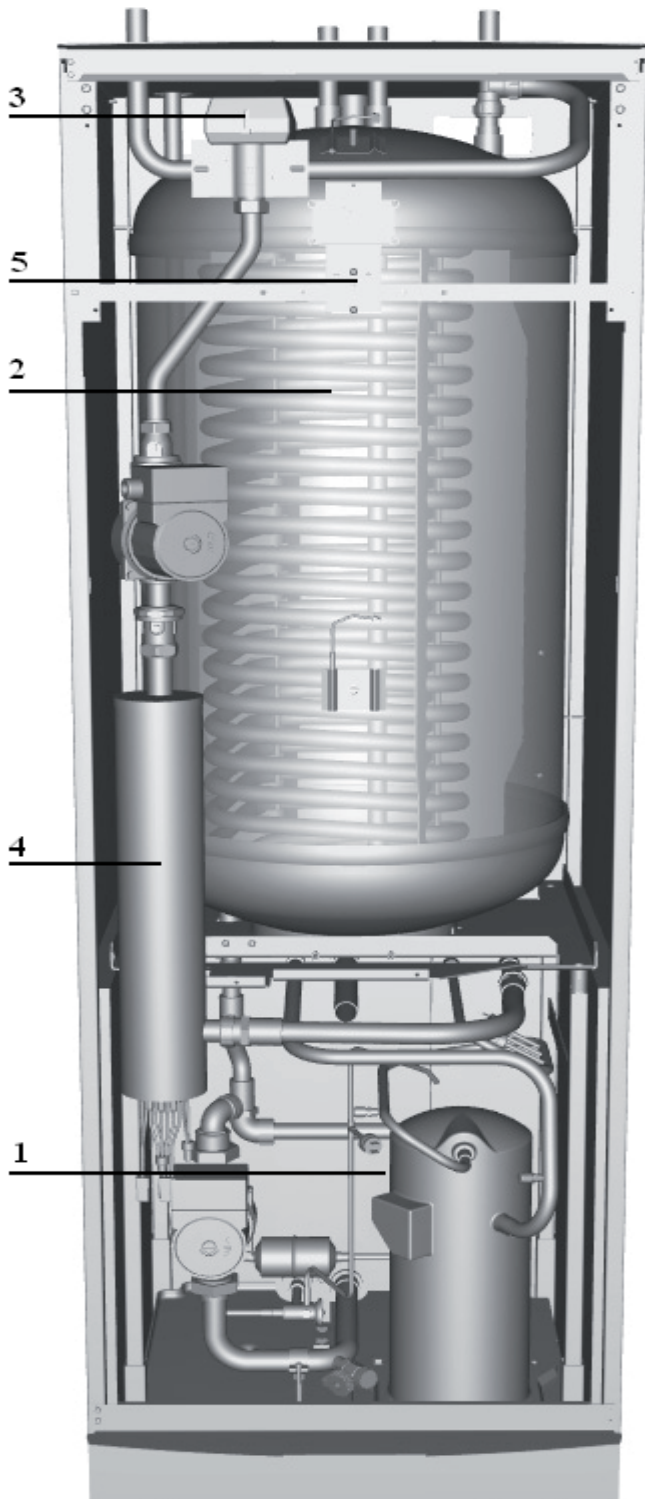


6 pav. Laidinis kambario termostatas FH-WT, 230V, Danfoss.

3.ŠILUMOS SIURBLYS

3.1. ŠILUMOS SIURBLIO SANDARA

Šilumos siurblio sandara pavaizduota 7 paveiksle.



7 pav. Šilumos siurblio sandara

1.Šilumos siurblys

Scroll kompresorius

Nerūdijančio plieno šilumokaitis

Šildymo sistemos ir laiko kolektoriaus cirkuliaciniai siurbLIAI.

Vožtuvai ir apsauginė įranga.

2.Vandens šildytuvas

180 litrų nerūdijančio plieno talpa

Varinis šilumokaitis.

3.Trieigis vožtuvas.

Keičia karšto vandens padavimo kryptį, t.y. paduoda vandenį į šildymo arba karšto vandens sistemą.

4.Papildomas vandens kaitintuvas.

Trys elektriniai kaitintuvai po 3kW.

5.Valdymo įranga

Valdymo kompiuteris su displėjumi.

Temperatūros davikLIAI.

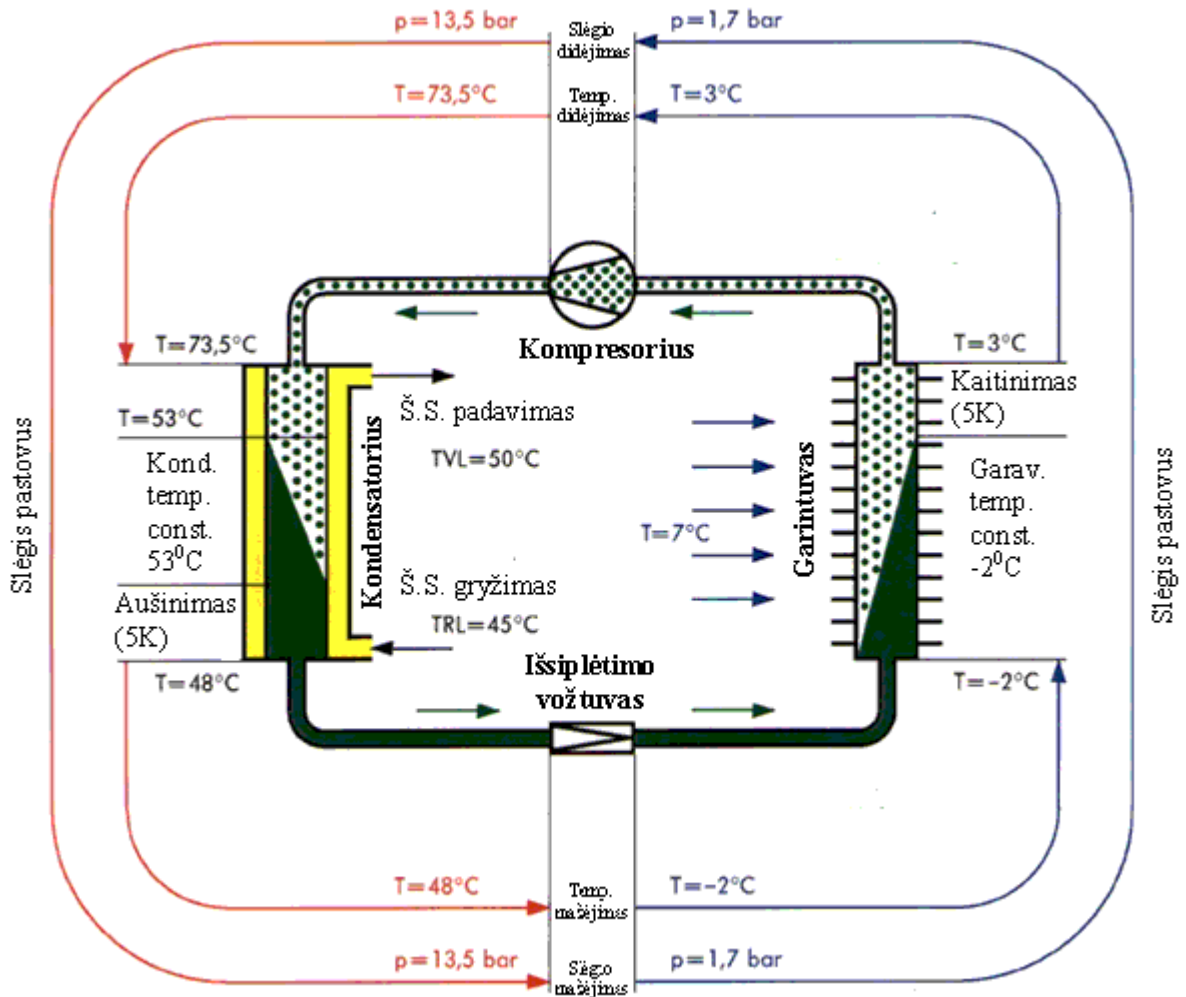
3.2.ŠILUMOS SIURBLIO VEIKIMO PRINCIPAS

Šilumos siurblys ima šilumą iš žemos temperatūros šaltinio ir transformuoja ją į aukštos temperatūros šilumą, kuri gali būti naudojama patalpų šildymui ar karšto vandens ruošimui.

Net esant neigiamai aplinkos temperatūrai, šilumos siurblys ima šilumą iš aplinkos. Tai atliekama begalinio ciklo pagalba. Aušinimo skystis garuoja prie žemų temperatūrų ir keisdamasis iš skystos į dujinę fazę paima didelį energijos kiekį iš aplinkos (oro, vandens, žemės).

Kompresorius, spausdamas šias dujas, pakelia jų temperatūrą. Tada dujos patenka į kondensatorių, kur pereina į skystą būseną, taip atiduodamos šilumą šildymo sistemai. Tada skystis patenka į išsiplėtimo vožtuvą ir ciklas pradedamas iš naujo.

8 paveiksle pavaizduotas šilumos siurblio „oras-vanduo“ darbo ciklas su tipinėmis temperatūros ir slėgio reikšmėmis.



8 pav. Šilumos siurblio veikimo principas

3.3. KARNO CIKLAS

Šilumos siurblio darbo ciklas yra atvirkštinis Karno ciklas, taigi mes galime apskaičiuoti šilumos siurblio naudingumo koeficientą pagal temperatūrų skirtumą garintuve ir kondensatoriuje:

$$COP_c = \frac{T}{(T - T_u)} = \frac{T}{DT} \quad (6)$$

Kur: T_u -šaltnešio temperatūra.

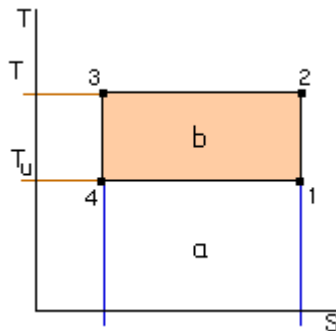
T -šildymo sistemos temperatūra.

DT -temperatūrų skirtumas.

Kiekviena reali šiluminė mašina dirba negrįžtamuju ciklu, todėl jos naudingumo koeficientas COP realiomis sąlygomis mažesnis už Karno ciklo naudingumo koeficientą (dėl nuostolių).

Karno ciklas vaizduojamas T-S diagramoje (T- temperatūra , S- entropija) (9 pav.)

Diagramą sudaro du adiabatiniai procesai ($S=\text{const}$) ir du izoterminiai procesai ($T=\text{const}$).



9 pav. T-S diagrama

Plotas „a“ - tai energijos kiekis paimtas iš aplinkos

Plotas „b“ - tai kompresoriaus suteikta energija.

Plotas „a-b“ - tai gauta energija

1-2 : temperatūros didėjimas suspaudimo metu.

2-3 : kondensacija

3-4 : plėtimasis

4-1 : garavimas

3.4.ŠILUMOS SIURBLIO NAUDINGUMO KOEFICIENTAS (COP)

Pagrindinis šilumos siurblio parametras yra šilumos transformacijos koeficientas COP (coefficient of performance). Jis nusako kiek šiluminės energijos gali perkelti šilumos siurblys, sunaudodamas 1 kW elektros energijos.

Bendru atveju naudingumo koeficientas yra:

$$COP = \frac{Q}{W_c} \quad (7)$$

Kur Q – gautas energijos kiekis;

W_c - kompresoriaus sunaudota elektros energija

Analizuojant gamintojų pateiktus šilumos siurblių duomenis reikia atkreipti dėmesį, pagal kokį standartą ir kokioms temperatūroms paskaičiuotas šis koeficientas.

Šilumos siurblio COP :

B0/W35 pagal EN 255 10K COP- 4.7

B0/W35 pagal EN 14511 5K COP- 4.4

Šiuose žymėjimuose

B0 - Šilumos šaltinio (iš kurio šiluma imama) tipas ir įeinanti į šilumos siurblių temperatūra.

B - gruntas

A - oras

W-vanduo

0 - šilumnešio temperatūra įėjime į šilumos siurblių °C

W35 - vidaus šildymo sistemos šilumnešio (kuriam atiduodama šiluma) tipas ir paduodama į šildymo sistemą temperatūra

W - vanduo

35 - paduodamo į šildymo sistemą vandens temperatūra °C

EN 255 ir EN 14511 – standartai, pagal kuriuos buvo testuojamas šilumos siurblys

10K ir 5K - temperatūrų skirtumas tarp paduodamo į šildymo sistemą vandens ir grįžtamo iš jos.

Būtina įvertinti tai, kad gamintojų pateikiami duomenys gauti laboratorijose ir yra momentiniai, dažniausiai neįskaičiuojama ir cirkuliacinių siurblių, varinėjančių grunto kontūro bei šildymo sistemos skysčius, sunaudojama elektra. Jei paduodamą į šildymo sistemą temperatūrą reikia pakelti virš 35 °C (to reikia norint paruošti karštą vandenį bei didžiausių šalčių periodu), COP mažėja geometrine progresija. Įvertinus tai, šilumos siurblio gruntas - vanduo COP geru atveju siekia 3,7 – 4.

Naudingumo koeficientas įvertinus cirkuliacinių siurblių darbą yra:

$$COP = \frac{Q}{W_c + W_{P1} + W_{P2}} \quad (8)$$

Kur Q – gautas energijos kiekis

W_c - kompresoriaus sunaudota elektros energija

W_{P1} - vidaus šildymo sistemos šilumnešio cirkuliacinio siurblio sunaudota elektros energija

W_{P2} - lauko sistemos šilumnešio cirkuliacinio siurblio sunaudota elektros energija.

Lyginant skirtingus šilumos siurblius, reikia lyginti COP, apskaičiuotus pagal tokius pat parametrus. Jei prie pateikiamo konkretaus siurblio COP nėra nurodomas standartas, pagal kurį jis apskaičiuotas, reikėtų labai suabejoti tokio gamintojo duomenų teisingumu.

3.5. ŠILUMOS ŠALTINIAI

Paviršinio grunto šiluma

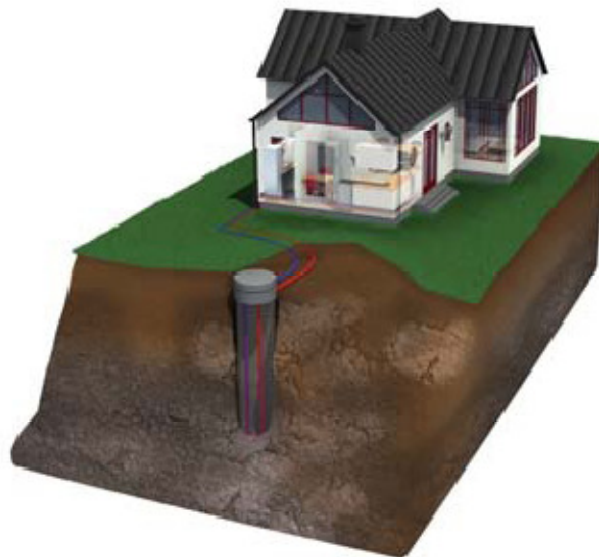
Vasaros metu grunte kaupiasi saulės šiluma. Lietaus ir oro šiluma sugerama paviršiniame žemės sluoksnyje. Šios energijos panaudojimas šildymui yra labai praktiškas šildymo būdas. Kuo vandeningesnis gruntas, tuo išgaunamos energijos kiekis yra didesnis. Šiluma paimama iš žemės per požeminį plastiko vamzdyną (10 pav.). Vamzdynu cirkuliuoja aplinkai nepavojingas neužšalantis skystis. Vietos virš žemės kolektoriaus jokių būdų negalima užstatyti, asfaltuoti ar betonuoti. Žemės kolektoriui įrengti leidimas nereikalingas, įrenginio įleidimo gylis yra maždaug 20 cm žemiau vietinės įšalo linijos.



10 pav. Paviršinio grunto sistema

Grėžinys

Apatiniame taip vadinamo „paviršinio geoterminio sluoksnio“ podirvyje yra šilumos šaltinis, kurį galima naudoti bet kuriuo metų laiku ir kurio temperatūra yra beveik pastovi. Ja galima apšildyti visų rūšių pastatus - didelius ar mažus, visuomeninius ar privačius. Priklausomai nuo regiono, toks grėžinys yra vadinamas „vertikaliąja absorbcija“, „žemės įkasa“ arba „žemės įpjova“. Tokiam grėžiniui nereikia daug vietos - jis gali būti išgręžtas net ir labai mažame žemės sklype (11 pav.). Todėl jis idealiai tinka pertvarkyti iškastiniu kuru šildomas sistemas ir pereiti prie geoterminės energijos. Kaip ir žemės kolektoriaus atveju, uždaru vamzdynu cirkuliuoja vandens ir glikolio mišinys (neužšalantis skystis). Priklausomai nuo šildymo siurblio dydžio, specialistai nustato grėžinių gylį ir skaičių, į kuriuos yra įleidžiami „U“ formos plastiko vamzdžiai, užtikrinantys gerą šilumos perdavimą.



11 pav. Gręžinio sistema

Gruntinio vandens šiluma

Jeigu gruntinis vanduo yra lengvai pasiekiamas, jį galima panaudoti kaip šilumos šaltinį, kadangi jo temperatūra bet kuriuo metų laiku būna nuo 7 iki 12° C. Individualiems namams, kuriuose gyvena po vieną ar dvi šeimas, pumpuoti gruntinį vandenį iš didesnio nei 15 m gylio netikslinga, nes labai padidėja sąnaudos. Atstumas tarp šilumos išgavimo taško (maitinimo šulinio) ir sugrįžimo taško (giliojo šulinio) turi būti apie 10-15 metrų. Be to, norint išvengti „srovės trumpojo jungimosi“, reikia atkreipti dėmesį į srauto kryptį. Gruntinio vandens sistema pavaizduota 12 pav.



12 pav. Gruntinio vandens sistema

Oras

Lauko oras - tai šilumos šaltinis, kurį galima naudoti neribojamai. Šilumos siurblių galima naudoti nuo +30° C iki -20° C temperatūros. Krintant lauko temperatūrai, mažėja šildymo galia, tad dažniausiai šilumos siurbLIAI eksploatuojami vienenerginIU arba dvivalenčiu būdu, taip siekiant sumažinti reikalingų investicijų dydį. Prietaisus galima statyti lauke (reikia atkreipti dėmesį į triukšmo lygį) arba pastato viduje. Oro ar vandens sistemos su šilumos siurbLIAIS reikalingą energiją paima iš lauko oro. Jos turi daug privalumų: paprasta įrengti, itin mažai sąnaudų suvartojama šilumos šaltiniui prijungti, aukštoje lauko temperatūroje pasiekiami geri efektyvumo rodikLIAI, nereikia oficialaus leidimo, nekeliama jokie ypatingi reikalavimai sklypo plotui, nereikia samdyti papildomų įmonių. Investuoti į oro ir vandens šilumos siurblių sistemas reikia kiek mažiau nei į panašias sistemas su horizontaliais "geoterminiais" kolektoriais. Oro ir vandens šilumos siurbLIAI žiemą naudoja palyginti šaltą šilumos šaltinį. Dėl šios priežasties šilumos siurblio darbui palaikyti reikia šiek tiek daugiau elektros energijos nei kitokio modelio sistemoms.

3.6. TEORINĖS GALIMYBĖS IR GALIMOS TOBULINIMO KRYPTYS

Kaip žinome, šilumos siurblys veikia atvirkštinio Karno ciklo principu, o idealus Karno ciklo naudingumo koeficientas yra:

$$COP_c = \frac{T}{(T - T_u)} = \frac{T}{DT}$$

Kur: T_u – šaltnešio temperatūra.

T – šildymo sistemos temperatūra.

DT – temperatūrų skirtumas.

Kai $T_u = 0^\circ\text{C} = 273\text{K}$, $T = 35^\circ\text{C} = 308\text{K}$ idealiu atveju naudingumo koeficientas:

$$COP_c = \frac{308}{(308 - 273)} = 8.8$$

Tačiau idealus procesas yra negalimas dėl mechaninių, elektrinių ir šilumos nuostolių.

Realus šilumos siurblių naudingumo koeficientas bendru atveju yra lygus $0.5 \times COP_c$.

Galimos tobulinimo kryptys ir yra mažinti elektrinius, mechaninius ir šilumos nuostolius.

Elektriniai ir mechaniniai nuostoliai gaunami cirkuliaciniuose siurbliuose ir kompresoriuje, todėl viena pagrindinių galimų tobulinimo krypčių yra kompresoriaus tobulinimas.

Yra įvairių kompresorių tipų, tačiau šilumos siurbliams dažniausiai naudojami du - stūmokliniai arba spiraliniai (scroll) tipo kompresoriai. Stūmoklinius kompresorius galima rasti pigiuose ar senuose šilumos siurbliuose, šį kompresorių tipą nukonkuravo scroll tipo kompresoriai. Pagrindiniai stūmoklinių kompresorių trūkumai yra tie, kad dėl kompresoriaus konstrukcijos neįmanoma išvengti stūmoklių mirties taškų ir su šiuo reiškiniu susijusių neigiamų pasekmių, dėl kurių šie kompresoriai nėra ilgaamžiai.

Scroll tipo kompresorių privalumai buvo žinomi jau 20 amžiaus pradžioje. Pagrindinė priežastis, dėl kurios šie kompresoriai pradėti masiškai gaminti tik 8-ame dešimtmetyje - reikalinga sudėtinga ir labai tiksli spiralių gamybos technologija. Scroll kompresoriai dujas suspaudžia tarp dviejų elipsės judesį darančių spiralių. Spirales judina elektros variklis.

Scroll kompresorių privalumai:

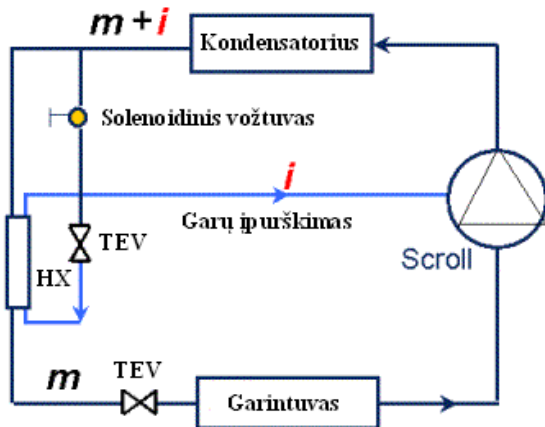
- nėra agento pasiurbimo ir išmetimo vožtuvų, todėl mažesni slėgio nuostoliai ir triukšmo lygis;
- nėra mirties taškų, nėra stūmoklių;
- mažiau judančių dalių - daug ilgesnis tarnavimo laikas;
- nejautrūs skysčio lašeliams agento garuose.

Ar yra galimybė patobulinti scroll tipo kompresorių?

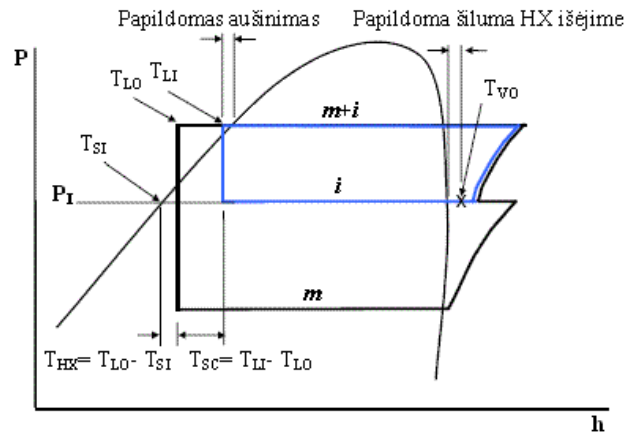
Scroll kompresorius su garų įpurškimu dirba ekonominiu garų suspaudimo ciklu. Kompresoriui dirbant šiuo ciklu gaunamas didesnis šilumos kiekis, o tuo pačiu ir didesnis naudingumo koeficientas, nei kompresoriui dirbant įprastu ciklu. Šilumos kiekis ir naudingumo koeficientas padidėja

proporcingai temperatūros padidėjimui. Ši technologija duoda geriausius rezultatus esant aukštų temperatūrų poreikiui, kur paprastai ir yra reikalingas didesnis naudingumo koeficientas. Dėl šiluminės galios padidėjimo galime naudoti mažesnės šiluminės galios kompresorių esant tam pačiam šilumos poreikiui.

Kompresorius su garų įpurškimu turi didesnę darbinį ciklą (14 pav.) nei įprastinis vienos pakopos kompresorius, o tai leidžia gauti didesnę šilumos kiekį prie žemesnės garavimo temperatūros.



13 pav. Šilumos siurblio struktūrinė schema



14 pav. Šilumos siurblio darbo ciklas

T_{LI} - Skysčio temperatūra HX įėjime

T_{LO} - Skysčio temperatūra HX išėjime

T_{SI} - Temperatūra prie tarpinio slėgio

T_{VI} - Garo temperatūra HX įėjime

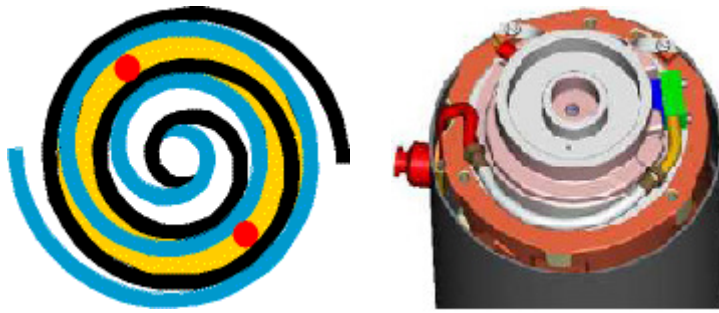
T_{VO} - Garo temperatūra HX išėjime

Kaip matome iš 13 paveikslo, dalis susikondensavusio skysčio i per išsiplėtimo vožtuvą patenka į priešpriešinį šilumokaitį **HX**, kuris veikia kaip papildomas aušintuvas. Tada garai įpurškiami į scroll kompresoriaus įpurškimo angą. Papildomas aušinimas didina garintuvo talpą, mažindamas skysčio temperatūrą nuo T_{LI} iki T_{LO} , tokiu būdu mažindamas jo entalpiją. O papildomas garų srautas i padidina šiluminę galią tokiu pat dydžiu.

Scroll kompresoriaus su garo įpurškimu ciklo efektyvumas yra didesnis nei tradicinio vienos pakopos scroll kompresoriaus todėl, kad papildomas šilumos kiekis gaunamas sunaudojant mažiau energijos, nes garai, gauti papildomo aušinimo metu, į kompresorių paduodami aukštesnio slėgio, nei gaunami garintuve.

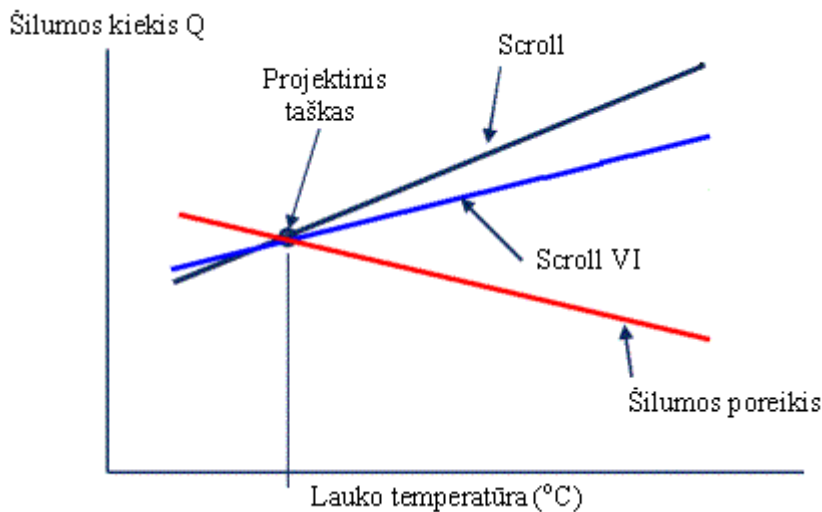
Garas įpurškiamas į scroll kompresorių tarpiniame punkte suspaudimo metu, per dvi simetriškai išdėstytas įpurškimo angas. Šių angų dydis ir vieta yra optimizuoti, kad užtikrintų kuo didesnę

naudingumo koeficientą tipinių darbo režimų metu. Garas į įpurškimo angas paduodamas per lanksčią žarną (15 pav.).



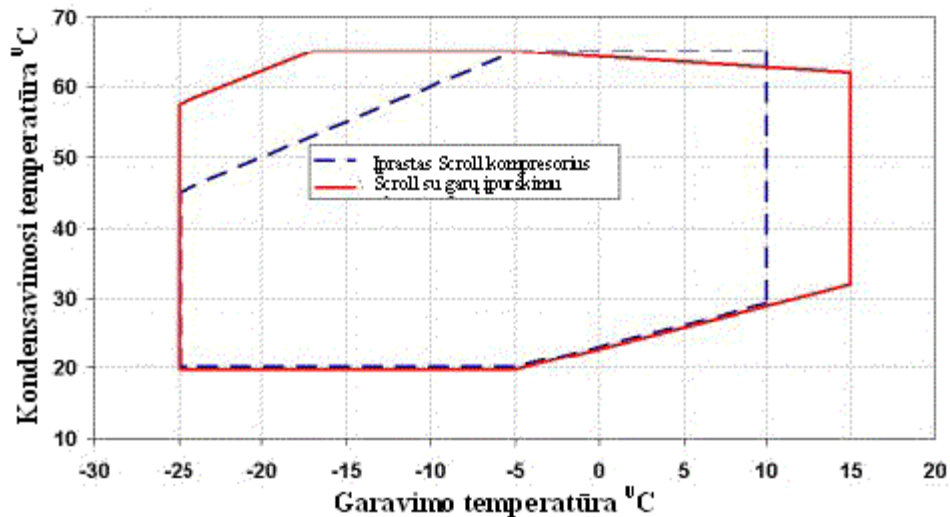
15 pav. Scroll VI kompresorius

Kompresoriai su garo įpurškimo technologija ypač tinka „oras-vanduo“ šilumos siurbliams. Scroll ir Scroll VI kompresorių darbo kreivės pavaizduotos 16 pav.



16 pav. Kompresorių darbo kreivių palyginimas

Mėlyna linija vaizduoja scroll VI kompresorių. Ši kreivė turi mažesnį nuožulnumą nei tradicinio kompresoriaus kreivė. Kaip matome iš grafiko, prie žemesnių temperatūrų gaunamas didesnis šilumos kiekis. Tačiau esant aukštesnei temperatūrai gaunamas šilumos kiekis mažėja, todėl garo įpurškimas gali būti išjungtas.



17 pav. Kompresorių darbo ciklų palyginimas

17 pav. pavaizduotas scroll ir scroll VI kompresoriaus darbo ciklas. Iš šio ciklo aiškiai matome gaunamą didesnę šilumos kiekį prie garavimo temperatūrų, žemesnių nei -5°C .

Cirkuliaciniai siurbliai

Dar viena šilumos siurblių tobulinimo kryptis yra panaudoti juose kuo efektyvesnius cirkuliacinius siurblius. Kompanija WILLO pradėjo gaminti naujus cirkuliacinius siurblius su ECM (Electronically commutated motor) technologija. Šios technologijos pagrindas yra sinchroninis variklis su nuolatinais magnetais (18 pav.). Sukamas statoriaus elektromagnetinis laukas sukuriama elektroninių komutacijų, t.y., statoriaus apvijų komutacija užtikrina reikiamą elektrinių ir magnetinių laukų kitimą.



18 pav. Cirkuliacinių siurblių varikliai

Privalumai:

- Magnetinis laukas rotoriuje sukuriama be nuostolių.
- Nepilnai apkrauto darbo režimo metu (iki 98% darbo laiko) naudingumo koeficientas daug didesnis (lyginant su AC), nei esant pilnai apkrovai.
- Daug didesnis variklio apsisukimų skaičius, o tai įgalina mažinti siurblio dydį ir svorį.

Skiriamoj kapsulė.

Siurblio variklio rotorius siurbliuose su „šlapiu rotoriumi“ sukasi perpumpuojamame skystyje, kuris aušina variklį ir tepa guolius. Statorius nuo skysčio yra atkirtas skiriamąja kapsule. Ši kapsulė taip pat tiesiogiai įtakoja naudingumo koeficientą per atitinkamą tarpą tarp statoriaus ir rotoriaus ir per kapsulės medžiagos magnetinį pasipriešinimą. Aukštas naudingumo koeficientas pasiekiamas, nes tarpas tarp statoriaus ir rotoriaus yra labai mažas, o kapsulės gamyboje panaudota medžiaga, kuri žymiai sumažina magnetinius nuostolius.

Hidraulinių parametrų optimizacija.

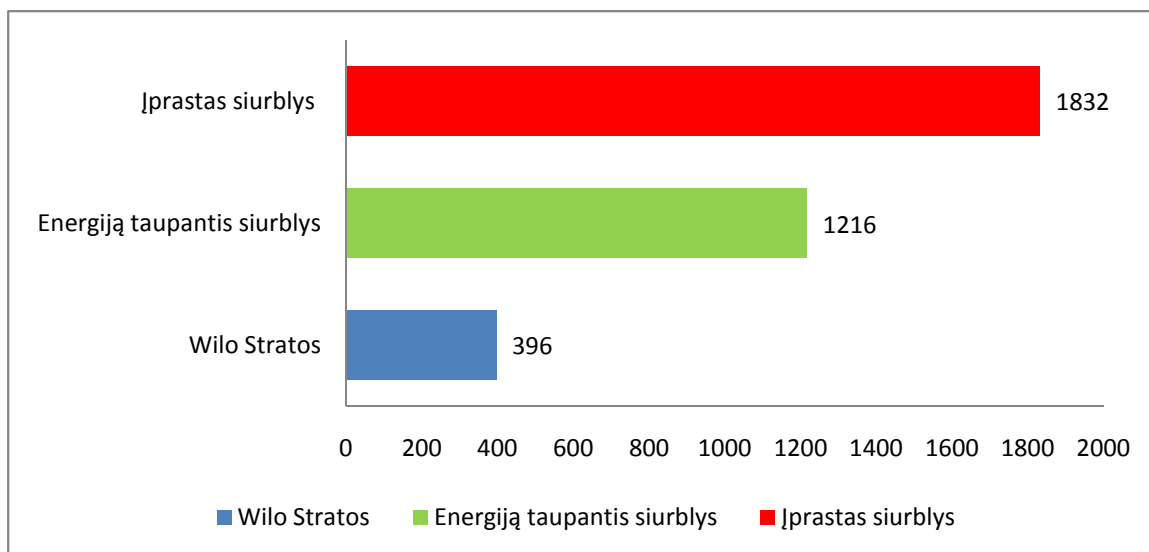
Aukštą naudingumo koeficientą taip pat užtikrina 3D-spiralė, 3D-darbinis ratas ir specialia technologija padengtas siurblio korpusas. Žiedinė išsiurbimo angos tarpinė tarp sparnuotės ir siurblio korpuso sumažina skysčio nutekėjimus per tarpą.

Automatinis galios reguliavimas.

Cirkuliacinio siurblio perpumpuojamo skysčio kiekis priklauso nuo šilumos (šalčio) poreikio sistemoje. Šis poreikis kinta priklausomai nuo klimato sąlygų, vartotojo veiksmų, pašalinių šilumos (šalčio) šaltinių įtakos, hidraulinių reguliavimo elementų įtakos.

Cirkuliacinio siurblio, suprojektuoto darbui esant pilnai apkrovai, galia dėl nuolatinio užduotos ir faktinės galios lyginimo suderinama su faktine sistemos būseną. Šios reguliavimo sistemos dėka siurblio galia, o tuo pačiu ir suvartojama elektros energija, proporcingai atitinka faktinį šilumos (šalčio) poreikį.

Visų šių priemonių visuma leidžia sumažinti siurblio elektros energijos sunaudojimą iki 80% (19 pav.).



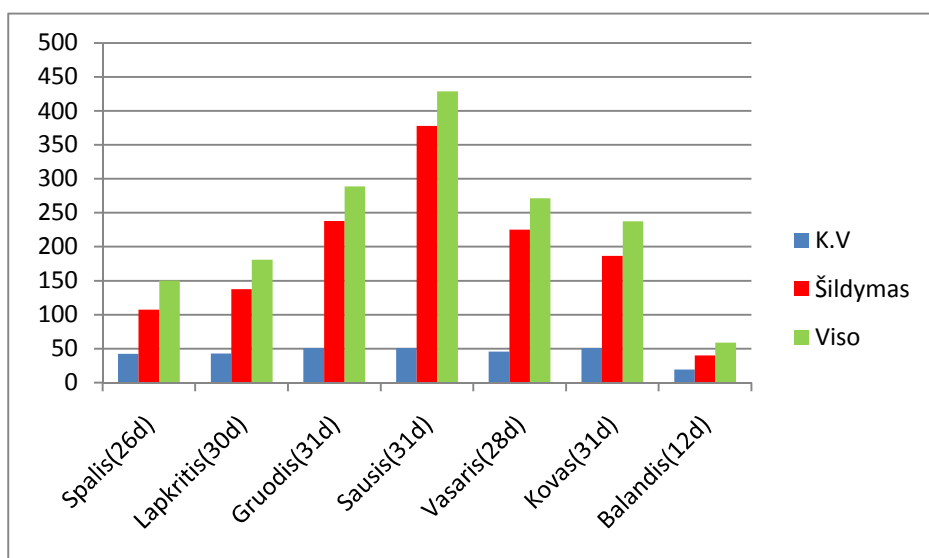
19 pav. Metinis cirkuliacinių siurblių energijos suvartojimas

3.7. REALIŲ ŠILUMOS SIURBLIŲ CHARAKTERISTIKOS

2009-2010 metų šildymo sezono metu, kurio oficiali trukmė 189 dienos, buvo stebimas šilumos siurblys „Thermia Diplomat optimum“, su ZH26K4E-TFD tipo kompresoriumi. Kiekvieną dieną 22 valandą buvo nurašomas kompresoriaus paros darbo valandų skaičius. Iš internetinės svetainės <http://www.wunderground.com> nurašoma vidutinė paros temperatūra.

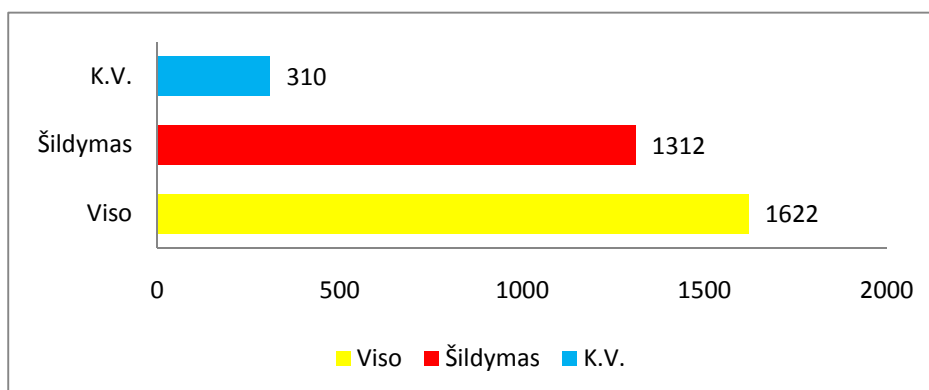
Šilumos siurblyje nustatyta patalpų temperatūra - 22⁰C. Šildymo sistemos vandens temperatūra neviršijo 35⁰C. Karšto vandens temperatūra - 55⁰C. Kadangi lauko kolektorius yra du gręžiniai po 60 metrų, lauko šilumnešio temperatūra beveik nepriklausė nuo lauko temperatūros ir dažniausiai buvo 0⁰C (per pirmas 30 min. sumažėdavo nuo +5⁰C iki 0⁰C). Iš šių duomenų matome, jog šilumos siurblys praktiškai visą laiką (išskyrus pereinamąjį procesą) dirbo dviem darbo režimais - B0/W35(šildymo režimas) ir B0/W55(karšto vandens ruošimas).

Iš kompresoriaus gamintojo pateikiamos kompresoriaus ZH26K4E-TFD techninės dokumentacijos matome, jog prie B0/W35 kompresoriaus suvartojama galia - 2,1kW ,o prie B0/W55 kompresoriaus suvartojama galia - 2,7kW.

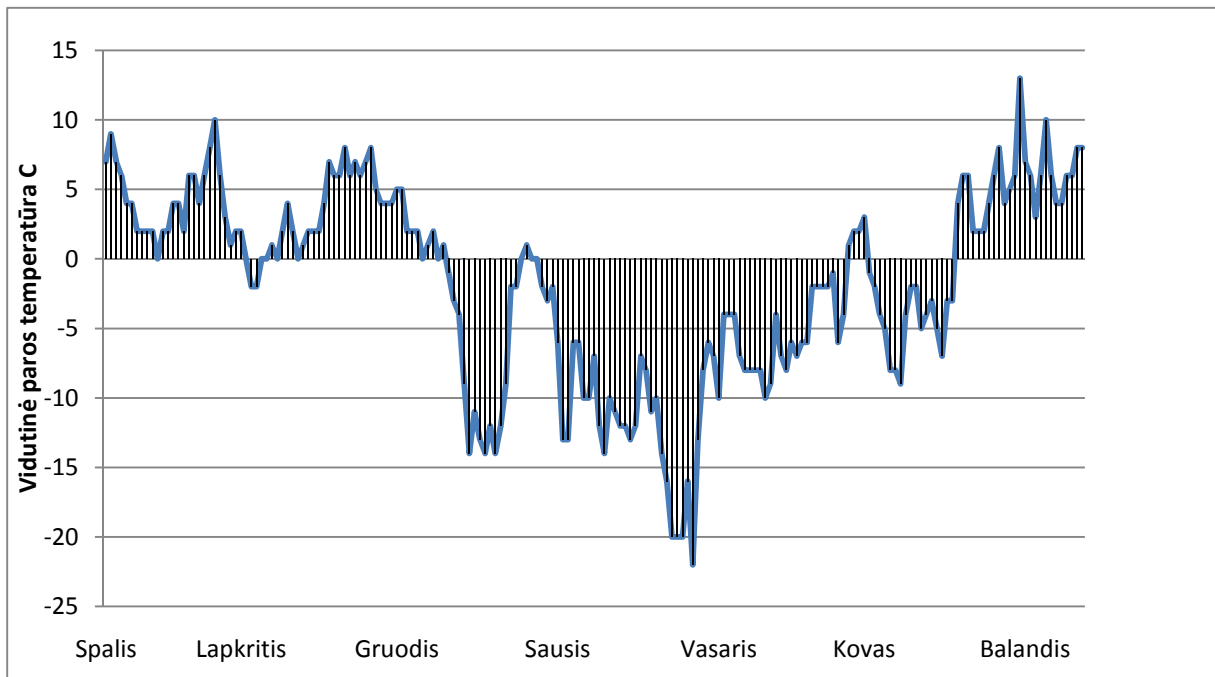


20 pav. Mėnesinės išlaidos už šildymą ir karštą vandenį.

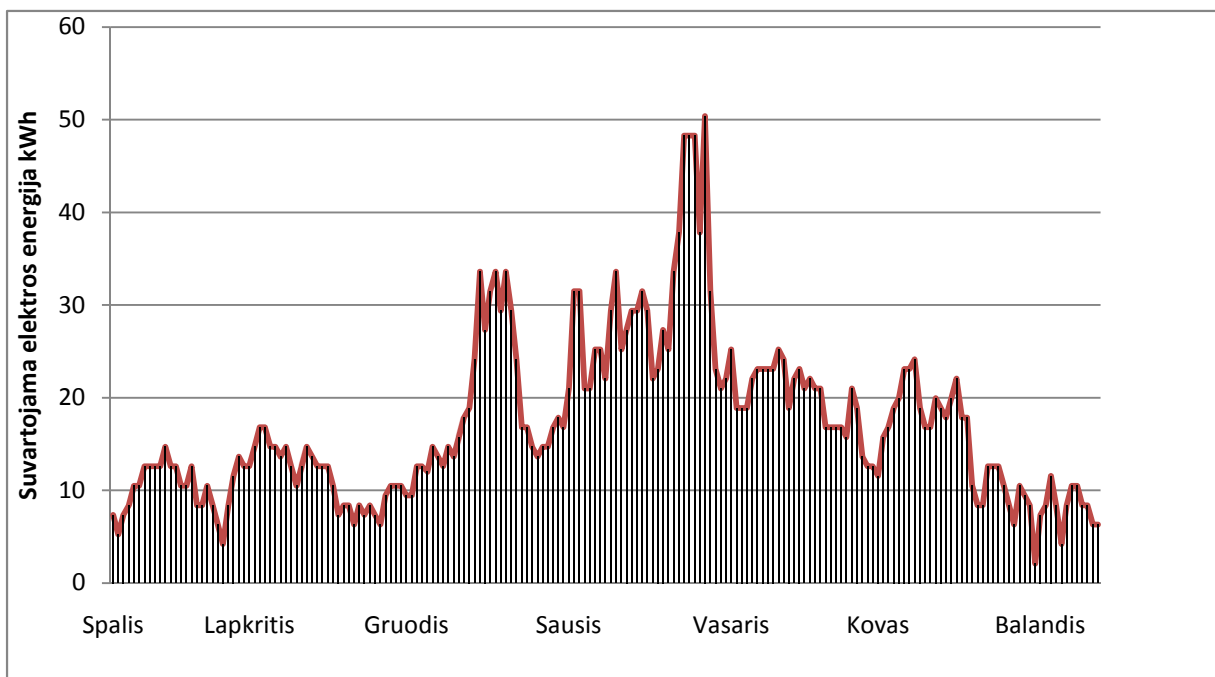
Kaip matome iš 20 paveikslo, didžiausios išlaidos už šildymą buvo šildymo sezono viduryje, o išlaidos už karštą vandenį beveik nekito.



21 pav. Išlaidos už šildymą ir karštą vandenį per šildymo sezoną.

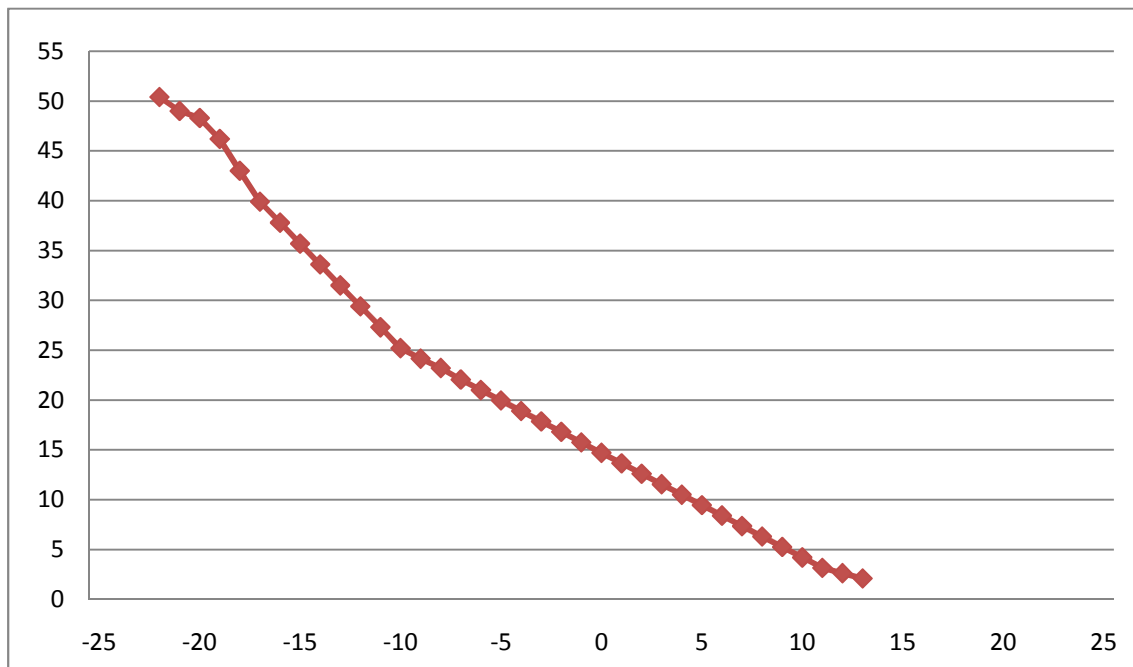


22 pav. Lauko temperatūra per šildymo sezoną



23 pav. Naudota galia per šildymo sezoną

Iš 22,23 paveikslų matome kaip per šildymo sezoną kito lauko temperatūra ir kaip nuo jos priklausė šilumos siurblio suvartojama elektros energija. Spalio – gruodžio mėnesiais kai vidutinė paros temperatūra buvo teigiama šilumos siurblys per parą suvartodavo apie 15 kWh elektros energijos. Sausio vasario mėnesiais kai vidutinė paros temperatūra buvo neigiama šilumos siurblys per parą suvartodavo apie 25 kWh elektros energijos. Pikiniu momentu, kai lauko temperatūra buvo nukritusi žemiau -20°C šilumos siurblys per parą suvartodavo 50 kWh elektros energijos.



24 pav. Elektros energijos poreikis priklausomai nuo lauko temperatūros

24 paveiksle pateikta šilumos siurblio suvartojamos elektros energijos priklausomybė nuo lauko temperatūros.

4. TECHNINIS FINANSINIS ĮVERTINIMAS.

4.1. ŠILUMOS SIURBLIO KAINA

Vienas pagrindinių veiksnių, kodėl pasirenkami kiti šilumos šaltiniai, o ne šilumos siurblys, yra kaina. Tai kiek gi kainuoja šilumos siurblys?

Atlikus daugumos pardavėjų, siūlančių šilumos siurblius, pasiūlymų analizę, pasirinkau patraukliausius variantus.

1. Šilumos siurblys

3 lentelė. Šilumos siurblio 1 sąmata

Darbai, įranga, medžiagos	Kaina
Švediškas šilumos siurblys Thermia Diplomat optimum 10 su „Scroll“ tipo kompresoriumi ir mikroprocesoriumi bei integruotu 180 l karšto vandens boileriu	17530 lt
Vertikalus grunto kolektorius (gręžinys) 2x60m	9100 lt
Gręžinio įvedimas į pastatą ir izoliavimas	2300 lt
Katilinės montavimas, sistemos paleidimas ir derinimas	3400 lt
Viso	32330 lt
PVM 21%	6789,3 lt
Bendra suma	39119,3 lt

Šis šilumos siurblys yra sumontuotas nagrinėjamame name. Šis variantas pasirinktas dėl sąlyginai mažo sklypo ploto ir aukštos šilumos siurblio kokybės.

2. Šilumos siurblys

4 lentelė. Šilumos siurblio 2 sąmata

Darbai, įranga, medžiagos	Kaina
Švediškas šilumos siurblys Thermia Diplomat optimum 10 su „Scroll“ tipo kompresoriumi ir mikroprocesoriumi bei integruotu 180 l karšto vandens boileriu	17530 lt
Horizontalaus grunto kolektorius 480m	4800 lt
Katilinės montavimas, sistemos paleidimas ir derinimas	3400 lt
Viso	25730 lt
PVM 21%	5403,3 lt
Bendra suma	31133,3 lt

Kaip matome iš šio varianto, esant pakankamam sklypo plotui sistemos kaina sumažėja 8000 lt.

3. Šilumos siurblys

5 lentelė. Šilumos siurblio 3 sąmata

Darbai, įranga, medžiagos	Kaina
Kinių gamybos šilumos siurblys CSRS 10 su „Scroll“ tipo kompresoriumi ir mikroprocesoriumi bei integruotu 180l karšto vandens boileriu	10750 lt
Horizontalaus grunto kolektorius 480m	4800 lt
Katilinės montavimas, sistemos paleidimas ir derinimas	3400 lt
Viso	18950 lt
PVM 21%	3979,5 lt
Bendra suma	22929,5 lt

Šis šilumos siurblys yra sumontuotas kitame stebėtame objekte. Kaip matome, šios sistemos kaina ženkliai skiriasi nuo kitų dviejų variantų.

4.2. ENERGIJOS KAINA

Renkantis šildymo sistemą pirmiausiai reikia žinoti, kiek gi kainuos viena ar kita energijos rūšis.

Apskaičiuosiu teorinę šilumos siurblio 1 kWh kainą ir palyginsiu ją su kitomis sistemomis.

Šilumos siurblio transformacijos koeficientas COP

$$t_k = +35^{\circ}\text{C} (\text{COP}^{35}) - 4$$

Kai į šildymo sistemą paduodamo vandens temperatūra 35°C , šaltnešio temperatūra 0°C (B0W35 cirkuliaciniai siurbliai įvertinti)

$$t_k = +55^{\circ}\text{C} (\text{COP}^{55}) - 3$$

Kai į vandens tiekimo sistemą paduodamo vandens temperatūra 55°C , šaltnešio temperatūra 0°C (B0W55 cirkuliaciniai siurbliai įvertinti)

$$t_k = +55^{\circ}\text{C}(5) (\text{COP}^{55}) - 3,3$$

Kai į vandens tiekimo sistemą paduodamo vandens temperatūra 55°C , šaltnešio temperatūra $+5^{\circ}\text{C}$ (B5W55 cirkuliaciniai siurbliai įvertinti)

Elektros energijos sąnaudos (šildymui):

$$E_{\dot{s}.sez}^{\dot{s}} = Q_{\dot{s}.sez}^{\dot{s}} / \text{COP}^{35} = 12000/4 = 3000 \text{ kWh} \quad (9)$$

Elektros energijos sąnaudos (k.v) šildymo sezono metu:

$$E_{\dot{s}.sez}^{k.v} = Q_{\dot{s}.sez}^{k.v} / \text{COP}^{55} = 4937/3 = 1645 \text{ kWh} \quad (10)$$

Elektros energijos sąnaudos (k.v) šildymo sezono metu:

$$E_{ne.sez}^{k.v} = Q_{ne.sez}^{k.v} / \text{COP}^{55} = 4028/3,3 = 1220 \text{ kWh} \quad (11)$$

Suminės elektros energijos sąnaudos per šildymo sezoną:

$$E_{\dot{s}.sez}^s = E_{\dot{s}.sez}^{\dot{s}} + E_{\dot{s}.sez}^s = 3000 + 1645 = 4645 \text{ kWh} \quad (12)$$

Suminės elektros energijos sąnaudos per metus:

$$E_{met}^s = E_{\dot{s}.sez}^{\dot{s}} + E_{\dot{s}.sez}^s + E_{ne.sez}^{k.v} = 3000 + 1645 + 1220 = 5865 \text{ kWh} \quad (13)$$

Elektros energijos kaina:

$$K_e = 0,405 \text{ Lt/kWh (Dviejų tarifų su nuolaida 0,45/0,34Lt)}$$

Išlaidos už elektros energiją per šildymo sezoną:

$$I_{\dot{s}.sez}^s = E_{\dot{s}.sez}^s * K_e = 4645 * 0,405 = 1882 \text{ Lt/š.sez} \quad (14)$$

Išlaidos už elektros energiją per metus:

$$I_{met}^s = E_{met}^s * K_e = 5865 * 0,405 = 2375 \text{ Lt/š.sez} \quad (15)$$

Vienos kilovatvalandės kaina:

$$K_{\dot{s}.sez}^{\dot{s}.s} = I_{\dot{s}.sez}^s / Q_{\dot{s}.sez}^s = 1882/16937 = 0,12 \text{ Lt/kW} \quad (16)$$

6 lentelėje pateiktos skirtingų kuro rūšių 1 kWh kainos.

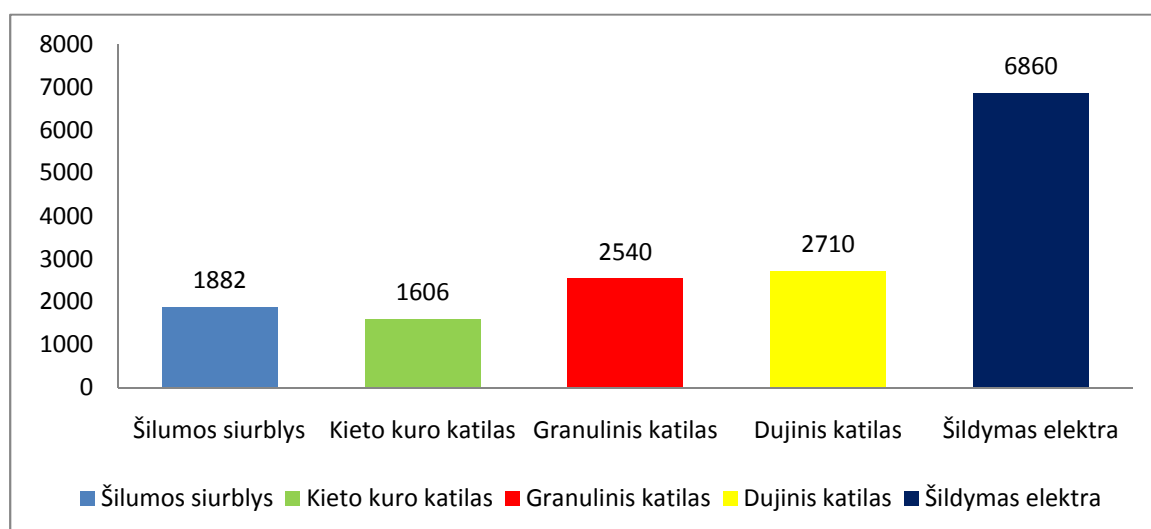
6 lentelė. Šildymo sistemų energijos kaina

Energijos šaltinis Kuro rūšis	Kuro tankis, kg/m ³	Vid. kuro kaloringumas, kcal/kg	Vid. kuro kaloringumas, kWh/kg	Vidutinė kuro kaina Lt/kg	Naudingumo Koefficientas (vidutinis)	Šilumos kaina Lt/kWh
1. Šilumos siurblys	-	-	-	Dviejų tarifų su nuolaida 0,45/0,34- 0,405	3,44	0,12
2. Kietojo kuro katilas / malkos	700	220	2,56	0,17	0,7	0,095
3. Kietojo kuro katilas / granulės	960	4216	5,175	0,625	0,8	0,15
4. Dujinis katilas	450	8000	9,3kWh/m ³	0,003	0,9	0,16
5. Šildymas elektra	-	-	-	0,405	1	0,405

Žinodami vienos kilovatvalandės kainą ir šilumos poreikį, apskaičiuojame šildymo kainą per šildymo sezoną ir šildymo kainą per metus kiekvienai iš šių sistemų (7 lentelė, 25 pav.).

7 lentelė. Teorinės išlaidos už šildymą.

Energijos šaltinis	Šildymo kaina per šildymo sezoną Lt	Šildymo kaina per metus Lt
Šilumos siurblys	1882	2375
Kietojo kuro katilas	1609	1992
Granulinis katilas	2540	3145
Dujinis katilas	2710	3355
Šildymas elektra	6860	8491



25 pav. Teorinės išlaidos už šildymą.

4.3. INVESTICIJŲ Į ŠILUMOS SIURBLIO SISTEMĄ EFEKTYVUMO VERTINIMAS TAIKANT GRYNOSIOS DABARTINĖS VERTĖS METODĄ

Investicijų projekto efektyvumas dažniausiai yra vertinamas tokiais metodais kaip grynoji dabartinė vertė (net present value - NPV)

Esant vienkartinei investicijai, grynoji dabartinė vertė apskaičiuojama pagal formulę:

$$NPV = \sum_{k=1}^n \frac{P_k}{(1+i)^k} - IC \quad (17)$$

Kur: $P_1, P_2 \dots P_k \dots P_n$ - metinės pajamos per n metų,
 IC - pradinės investicijos,
 i - diskonto norma.

Akivaizdu, kad jei $NPV > 0$, projektas yra priimtinas, jei $NPV < 0$, projektas atmetamas, jei $NPV = 0$, projektas nei pelningas, nei nuostolingas.

Jeigu diskonto norma yra lygi 5 %, tarnavimo laikas 15 metų, išlaidos elektros energijai 1882 (2375), tai grynoji dabartinė vertė bus lygi:

$$NPV_{ss} = \frac{1882}{(1+0.05)} + \frac{1882}{(1+0.05)^2} + \frac{1882}{(1+0.05)^3} + \dots + \frac{1882}{(1+0.05)^{15}} - 33133 = -13565$$

$$NPV_{met} = \frac{2375}{(1+0.05)} + \frac{2375}{(1+0.05)^2} + \frac{2375}{(1+0.05)^3} + \dots + \frac{2375}{(1+0.05)^{15}} - 33133 = -8448$$

Kaip matome iš atlikto skaičiavimo, $NPV < 0$, todėl ši investicija ekonomiškai nenaudinga. Eksploatuojant sistemą visus metus investicija darosi patrauklesnė.

Investicijos į kitas šildymo sistemas taip pat nebus naudingos. Todėl spręsti kokią šildymo sistemą pasirinkti galime tik jas palyginę.

4.4. ALTERNATYVŲ VERTINIMAS TAIKANT ESAMOSIOS VERTĖS METODĄ

Esamosios vertės metodas (Present value) yra vienas iš plačiausiai taikomų. Jį naudojant, visi būsimieji pinigų srautai, susiję su tam tikra alternatyva, paverčiami į ekvivalentišką piniginių vienetų kiekį dabartiniu laiko momentu. O tai leidžia lengvai pastebėti vienos alternatyvos ekonominį pranašumą lyginant su viena ar keletu kitų alternatyvų.

Taikant šį metodą, kiekvienai alternatyvai apskaičiuojama esamoji vertė, diskontuojant visus laukiamus pinigų srautus iš šio investicinio projekto. Jeigu visi pinigų srautai yra diskretiški dydžiai CF_t , o diskonto norma per periodą yra k , tai esamoji vertė išreiškiama formule:

$$PV = \sum_{t=0}^n \frac{CF_t}{(1+k)^t}$$

Jeigu tarsim, kad tarp alternatyvų nėra kitokių skirtumų, tai, palyginę esamąsias vertes, pranašiausia laikysime tą alternatyvą, kurios esamoji vertė bus didžiausia. (Čia kapitalo įdėjimai bus įvertinti su minuso ženklu, o įplaukos- su pliuso ženklu). Apskaičiuotos esamosios šildymo sistemų vertės pateiktos 8 lentelėje.

8 lentelė. Alternatyvų vertinimas

Energijos šaltinis	Šilumos siurblys 1	Šilumos siurblys 2	Šilumos siurblys 3	Kietojo kuro katilas	Granulinis katilas	Dujinis katilas	Elektrinis šildymas
Katilinės kaina LTL	39119,3	31133,3	22929,5	20000	25000	20000	5000
Šildymo sezono eksploataavimo išlaidos LTL	1882	1882	1882	1609	2540	2710	6860
Metinės eksploataavimo išlaidos LTL	2375	2375	2375	1992	3145	3355	8491
Likvidacinė vertė 10proc LTL	3911	3113	2292	2000	2500	2000	500
Tarnavimo laikas metais	15	15	15	15	15	15	15
PV 15(ŠS)	56772	49170	41361	35738	50161	47166	75963
PV 15	61889	54287	46478	39714	56441	53861	92893

Jeigu diskonto norma yra lygi 5 %, kiekvieno iš šių šildymo katilų kaštų esamoji vertė bus lygi:

$$PV = 39119,3 + \frac{1882}{(1+0.05)} + \frac{1882}{(1+0.05)^2} + \frac{1882}{(1+0.05)^3} + \dots - \frac{3310}{(1+0.05)^{15}} = 61889$$

Šio metodo taikymas duos teisingą rezultatą tik tais atvejais, kuomet lyginamų alternatyvių investicinių projektų gyvavimo trukmės yra vienodos. Priešingu atveju, pagal esamosios vertės kriterijų bus parenkama ta alternatyva, kurios gyvavimo trukmė bus mažiausia.

Palyginant investicinių projektų alternatyvas būsimosios vertės metodu, apskaičiuojamas ekvivalentiškas pinigų srauto dydis tam tikru laiko momentu ateityje. Investicinio projekto būsimoji vertė po n metų nuo dabartinio momento, kai diskonto norma k , apskaičiuojama pagal tokią formulę:

$$FV = \sum_{t=0}^n CF_t (1+k)^{n-t} \quad (18)$$

Pinigų srautų būsimąją vertę galima nustatyti ir kitu būdu. Šiuo atveju visų pirma yra nustatoma investicinio projekto esamoji pinigų srautų vertė, o po to surandamas ekvivalentiškas jai dydis po n metų nuo dabartinio momento. Tuomet pinigų srautų būsimoji vertė apskaičiuojama pagal šią formulę:

$$FV = PV(1+k)^n \quad (19)$$

Taigi, būsimoji vertė yra lygi esamajai vertei, padaugintai iš koeficiento. Vadinasi, kai k ir n nesikeičia, lygindami alternatyvius investicinius projektus tiek esamosios vertės, tiek būsimosios vertės metodais, gausime tuos pačius rezultatus.

Kaip matome iš atliktų skaičiavimų, patraukliausia investicija yra kietojo kuro katilas. Tačiau kietojo kuro katilą sunku lyginti su šilumos siurbliu dėl skirtingo eksploatacijos komforto lygio. Komforto atžvilgiu panašiausia sistema yra dujinis katilas. Lyginant šias sistemas matome, jog investicija į šilumos siurblio sistemą 3 yra patrauklesnė nei į dujų katilo sistemą. Investicija į šilumos siurblio sistemą 2 taip pat bus patrauklesnė, jei šilumos siurblys bus eksploatuojamas visus metus.

Panagrinėkime šilumos siurblio sistemą su grindiniu ir radiatoriniu šildymu.

Elektros energijos sąnaudos (grindiniam šildymui):

$$E_{\dot{s}.sez}^{\dot{s}} = Q_{\dot{s}.sez}^{\dot{s}} / COP^{35} = 12000/4 = 3000 \text{ kWh}$$

Elektros energijos sąnaudos (radiatoriniam šildymui):

$$E_{\dot{s}.sez}^{\dot{s}} = Q_{\dot{s}.sez}^{\dot{s}} / COP^{55} = 12000/3 = 4000 \text{ kWh}$$

Išlaidos už elektros energiją:

$$I_{\dot{s}.sez}^{s35} = E_{\dot{s}.sez}^s * K_e = 3000 * 0,405 = 1215 \text{ Lt/š.sez}$$

$$I_{\dot{s}.sez}^{s55} = E_{\dot{s}.sez}^s * K_e = 4000 * 0,405 = 1620 \text{ Lt/š.sez}$$

Investicijos į grindinio šildymo sistemą - 10000LTL, į radiatorinę sistemą - 6000LTL.

Jeigu diskonto norma yra lygi 5 %, kiekvieno iš šių šildymo sistemų kaštų esamoji vertė bus lygi:

$$PV_{rad} = 49119,3 + \frac{1215}{(1+0.05)} + \frac{1215}{(1+0.05)^2} + \frac{1215}{(1+0.05)^3} + \dots - \frac{4911}{(1+0.05)^{15}} = 59368$$

$$PV_{gr} = 45119,3 + \frac{1620}{(1+0.05)} + \frac{1620}{(1+0.05)^2} + \frac{1620}{(1+0.05)^3} + \dots - \frac{4511}{(1+0.05)^{15}} = 59764$$

Kaip matome iš atlikto skaičiavimo, investicijos į skirtingas sistemas 15 metų laikotarpyje yra vienodai patrauklios.

4.5. SISTEMOS ATSIPIRKIMO PERIODAS

Atsipirkimo periodo metodas (Payback period) yra vienas iš plačiausiai taikomų ekonominės analizės praktikoje. Jo populiarumą nulėmė itin paprasti skaičiavimai ir lengvai suvokiama šio metodo esmė.

Atsipirkimo periodo metodas parodo santykinį investicinio pasiūlymo patrauklumą. Jis nustato, koks bus periodų, reikalingų pradinei investicijai padengti, skaičius. Kitaip tariant, jis nustato, kiek reikės periodų, kad kumuliatyvinis investicinio projekto naudingumas susilygintų su kumuliatyviniais jo kaštais. Tiek naudingumas, tiek kaštai paprastai išreiškiami pinigų srautais. Kiekvienai iš alternatyvų apskaičiuojamas atsipirkimo periodas ir gautos reikšmės tarpusavyje palyginamos. Kuo atsipirkimo periodas trumpesnis, tuo projektas yra geresnis.

Jei P yra pradinė investicija, CF_t pinigų srautas periodu t , tai atsipirkimo periodas n yra toks dydis, kuris tenkina sąlygą:

$$P = \sum_{t=1}^n CF_t \quad (20)$$

$$31133/2375=13 \text{ metai}$$

Atsipirkimo periodo metodas turi akivaizdžių trūkumų- neįvertina pinigų vertės kitimo laike, kurį atspindi diskonto norma k . Šią problemą galima išspręsti diskontuojant projekto pinigų srautus, o tik po to apskaičiuojant atsipirkimo periodą.

Kai CF_t pinigų srautas periodo t pabaigoje, k - galiojanti diskonto arba palūkanų norma per periodą, tai atsipirkimo periodas PP nustatomas iš priklausomybės:

$$\sum_{k=1}^n \frac{P_k}{(1+i)^k} = \sum_{j=1}^t IC_j \quad (21)$$

$$PP = \frac{2375}{(1+0.05)} + \frac{2375}{(1+0.05)^2} + \frac{2375}{(1+0.05)^3} + \dots + \frac{2375}{(1+0.05)^{22}} = 31262 > 31133$$

Jei diskonto norma 5% tai atsipirkimo laikas yra 22 metai

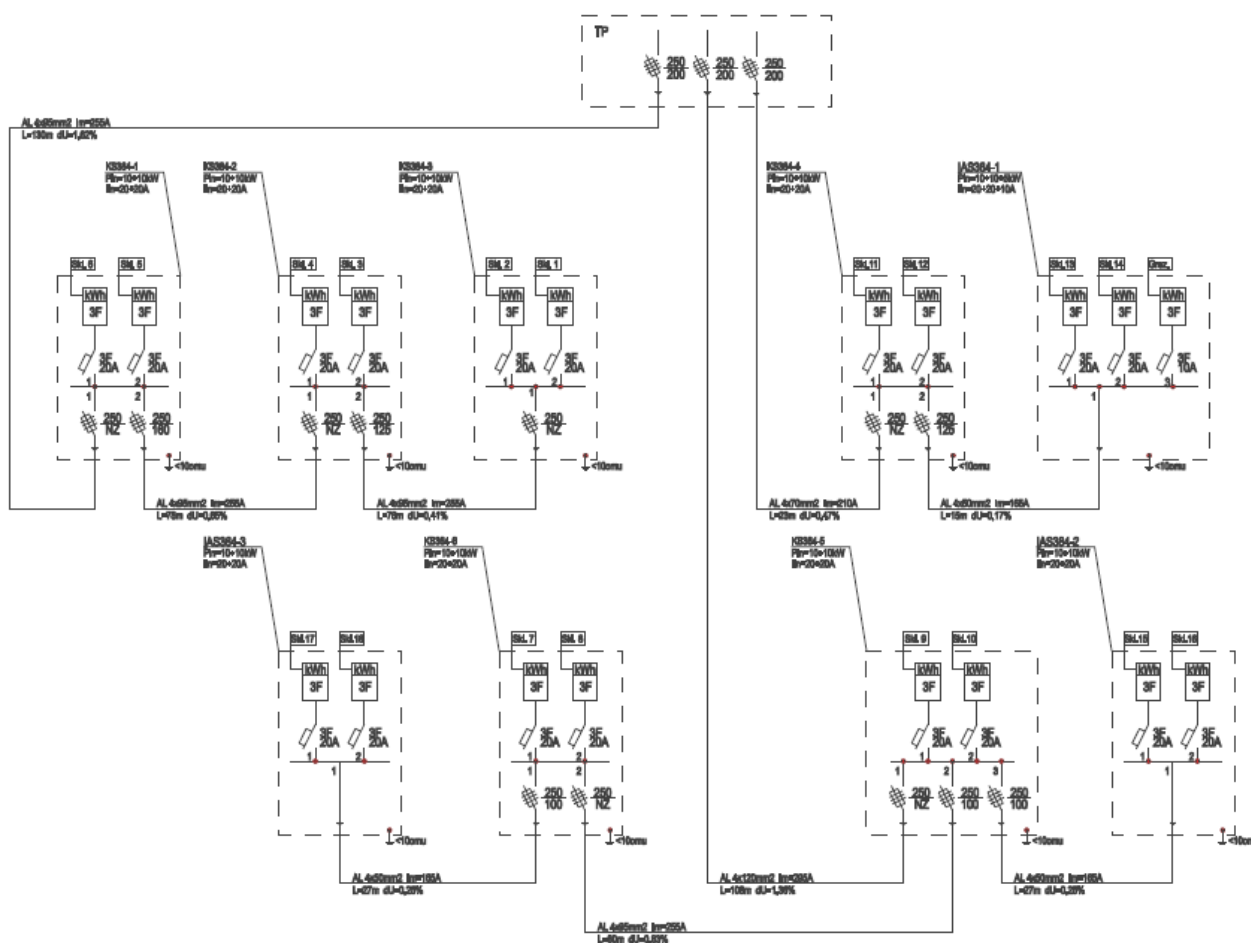
Kaip matome iš šio metodo atsipirkimo trukmė yra didesnė už tarnavimo laiką.

4.6. ELEKTROS TINKLO KAINA

Pastatas, kuriame sumontuota šildymo sistema su šilumos siurbliu, paprastai reikalauja galingesnio elektros tinklo. Buitinio šilumos siurblio kompresoriaus galia siekia 2-3 kW, tačiau dažnai šilumos siurblyje montuojami ir elektros tenai, kurių galingumas paprastai siekia 9 kW. Galingesnis elektros tinklas reikalingas tam, kad užtikrintų patikimą elektros tenų darbą esant ypač žemoms lauko temperatūroms.

Šiame skyriuje nagrinėsiu realiai įgyvendintą projektą. Apskaičiuosiu elektros tinklo kainą, kai kiekvieno pastato pareikalaujama galia 10 kW, ir 15 kW, kai šildymui naudojami šilumos siurbliai.

Nagrinėjamas aštuoniolikos gyvenamųjų namų kvartalas Klaipėdos rajone, kiekvieno pastato pareikalaujama galia 10 kW (tinklo schema pavaizduota 26 pav.).



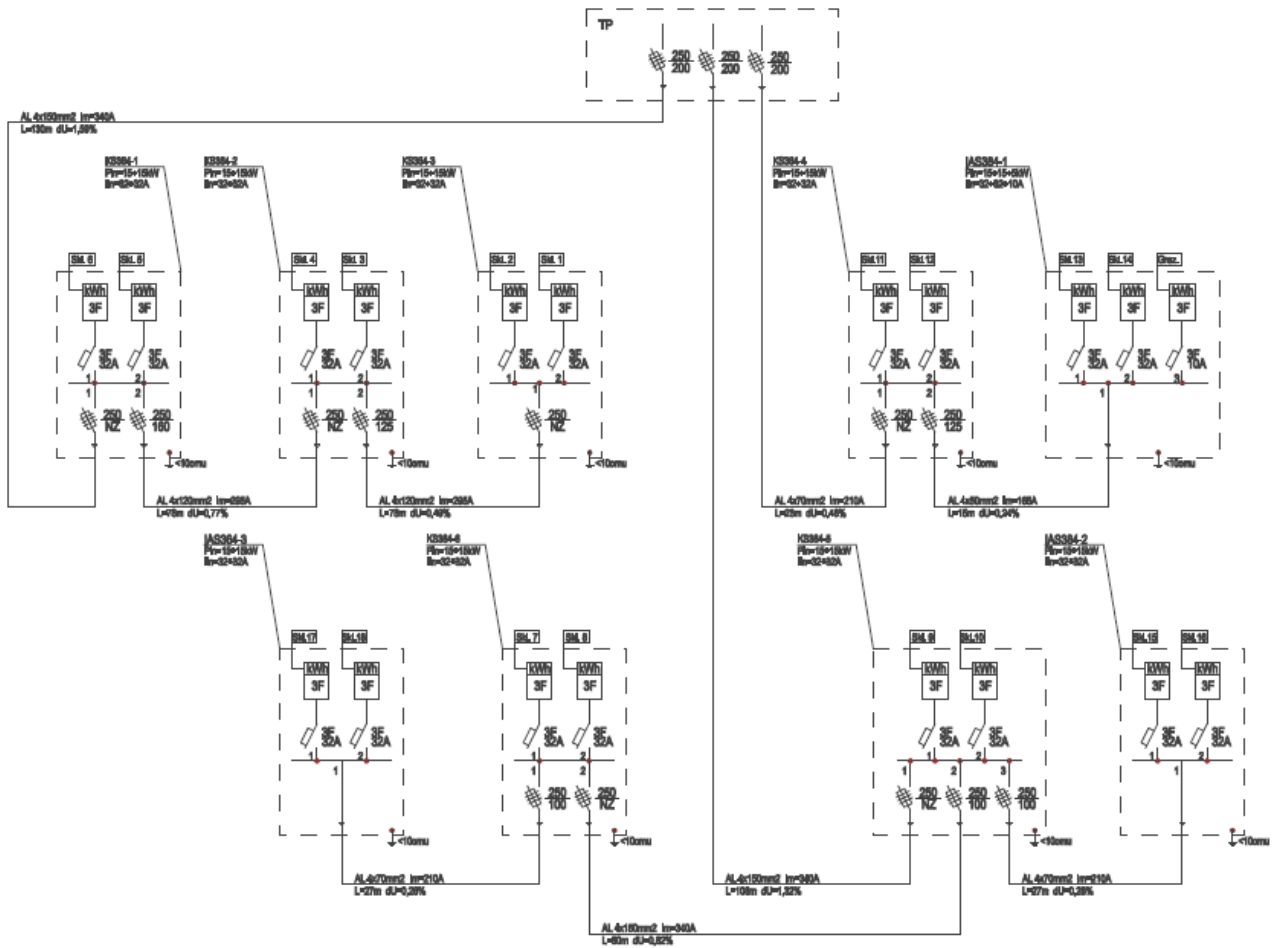
26 pav. Elektros tinklas (10kW)

9. lentelė. Elektros tinklo sąmata (10kW)

				Kaina Lt			
				D.užm	Medž.	Mecha.	Viso
	Statybiniai darbai	Matas	Kiekis				
1	Tranšėjų 1m gylio 1-2 kabeliams kasimas 0,25m ³ talpos kaušu ekskavatoriais I-II grupės grunte	km	0,485	20,41		814,8	835,21
2	Tranšėjų 1m gylio 1-2 kabeliams užpylimas buldozeriais I-II grupės grunte iš sankasos	km	0,485			211,85	211,85
3	Tranšėjų 1m gylio 1-2 kabeliams kasimas rankomis I-II grupės grunte	km	0,03	155,82			155,82
4	Tranšėjų 1m gylio 1-2 kabeliams užpylimas rankiniu būdu I-II grupės grunte	km	0,03	62,34			62,34
5	Polietileninių 110mm skersmens vamzdžių paklojimas	100m	2,92	629			629
6	Duobės spintos pamatui iškasimas	100m ³	0,27	760,24			760,24
7	Tranšėjų ir duobių užpylimas rankiniu būdu	m ³	24,6	306,71			306,71
8	Spintų pamatų montavimas	vnt.	9	471,74		48,6	520,34
	Montavimo darbai						
1	Pakloto kabeliui įrengimas kai tranšėjoje tiesiamas vienas kabelis	100m	5,15	370,14	298,21		668,35
2	Kabelio tiesimas paruoštoje tranšėjoje neuždengiant , kai 1mkabelio masė iki 6 kg	100m	3,38	698,71		286,22	984,93
3	Kabelio tiesimas vamzdžiuose, kai 1mkabelio masė iki 6 kg	100m	1,77	584,85	124,62	149,88	859,35
4	Kabelio tiesimas atvirai	100m	0,51	270,9			270,9
5	Iki 1000V įtampos iki 70mm ² skersp. Kabeliui galinės movos montavimas.	vnt.	8	111,92			111,92
6	Iki 1000V įtampos iki 150mm ² skersp. Kabeliui galinės movos montavimas.	vnt.	10	195,85			195,85
7	Signalinės juostos paklojimas tranšėjoje	km	0,515	19,13	185,66		204,79
8	Skylių įvadams iškalimas betoniniuose pamatuose , užtaisymas betonu.	vnt.	18	1063,42	482,49	1242	2787,91
9	Kabelio įvadų pamatų sienose hermetizacija	vnt.	18	458,61	202,21		660,82
10	Įvadinių apskaitų spintų montavimas(su pamatu)	vnt.	3	176,27			176,27
11	Tranzitinės apskaitos spintos montavimas	vnt.	6	408,24			408,24
12	Iki 100A automatinių jungiklių montavimas spintoje	vnt.	16	344,71		3,58	348,29
13	Kirtiklio saugiklio bloko montavimas kabelių spintose	vnt.	12	537,22		4,8	542,02
14	Antgalių prijungimas , presuojant prie laidų ir kabelių iki 50mm ² .	100vnt	0,24	50			50
15	Antgalių prijungimas , presuojant prie laidų ir kabelių iki 95mm ² .	100vnt	0,4	118,54			118,54
16	Antgalių prijungimas , presuojant prie laidų ir kabelių iki 150mm ²	100vnt	0,08	24,92			24,92
17	Laudų ir kabelių iki 50mm ² . su antgaliais prijungimas prie aparatų gnybtų	100vnt	0,24	72,52			72,52
18	Laudų ir kabelių iki 95mm ² . su antgaliais prijungimas prie aparatų gnybtų	100vnt	0,4	171,16			171,16
19	Laudų ir kabelių iki 150mm ² . su antgaliais prijungimas prie aparatų gnybtų	100vnt	0,08	49,83			49,83
20	Kabelio izoliacijos varžos matavimas	vnt.	9	122,47			122,47
	Įžeminimas						
1	Tranšėjų kasimas rankiniu būdu įžeminimo kontūrai I-II grupės grunte iki 1m gylio	km	0,045	233,73			233,73
2	Tranšėjų užpylimas rankiniu būdu įžeminimo kontūrai I-II grupės grunte	km	0,0045	93,51			93,51
3	Pastatų žaibosaugos įžemiklių, surenkamų iš atskirų grandžių įgilinimas iki 10m.	m	81	455,58		178,2	633,78
4	Įžeminimo revizijos dėžių įrengimas	vnt.	9	56,86		55,08	111,94

5	Įžeminimo laidininko klojimas tranšėjoje	100m	0,45	98,84		91,8	190,64
6	Įžemiklio varžos matavimas	vnt.	9	136,08			136,08
7	Varžos matavimas srovės sklidimui , kai kontūro diagonalė iki 20m.	vnt.	1	32,02			32,02
8	Grunto varžos nustatymas	vnt.	1	60,48			60,48
9	Grandinės patikrinimas tarp įžemiklių ir įžemintų elementų.	100vnt	0,01	2,45			2,45
10	Įžeminimo kontūro varžos matavimas.	vnt.	9	214,05			214,05
	Medžiagos						
1	PVC vamzdis d110	m	510		2040		2040
2	Kabelis AXMK 4x50	m	69		654,12		654,12
3	Kabelis AXMK 4x70	m	23		306,13		306,13
4	Kabelis AXMK 4x95	m	286		4870,6		4870,58
5	Kabelis AXMK 4x 120	m	108		2218,3		2218,32
6	Galinė mova 1kV 16-70 mm kabeliui	kompl	8		96		96
7	Galinė mova 1kV 70-150 mm kabeliui	kompl	10		145		145
8	Įvadinė apskaitos spinta	kompl	3		1962		1962
9	Tranzitinė spinta	kompl	6		6162		6162
10	Antgalis AL-50	vnt.	24		57,84		57,84
11	Antgalis AL-70	vnt.	8		28,96		28,96
12	Antgalis AL-95	vnt.	32		146,4		146,4
13	Antgalis AL-120	vnt.	8		44,88		44,88
14	Įžeminimo kontūras	kompl	9		495		495
15	Kontrolinė dėžutė į gruntą	vnt.	9		415,8		415,8
	Viso				9639,27	20936	3086,8
	Sodra 31%				2988,174		
	viso tiesioginės išlaidos						36650,5
	Pridėtinės išlaidos 10%						963,927
	Pelnas 5%						1880,72
	Iš viso netiesioginės išlaidos						2844,65
	Bendra vertė be PVM						39495,1
	PVM 21%						8293,98
	Bendra vertė su PVM						47789,1

Apskaičiuokime kiek pabrangs elektros tinklas , jei kiekvieno pastato poreikiamą galią padidinsime iki 15kW (tinklo schema pavaizduota 27 pav.).



27 pav. Elektros tinklas (15kW)

10. lentelė. Elektros tinklo sąmata (15kW)

				Kaina Lt			
Statybiniai darbai		Matas	Kiekis	D.užm	Medž.	Mecha.	Viso
1	Tranšėjų 1m gylio 1-2 kabeliams kasimas 0,25m ³ talpos kaušu ekskavatoriais I-II grupės grunte	km	0,485	20,41		814,8	835,21
2	Tranšėjų 1m gylio 1-2 kabeliams užpylimas buldozeriais I-II grupės grunte iš sankasos	km	0,485			211,85	211,85
3	Tranšėjų 1m gylio 1-2 kabeliams kasimas rankomis I-II grupės grunte	km	0,03	155,82			155,82
4	Tranšėjų 1m gylio 1-2 kabeliams užpylimas rankiniu būdu I-II grupės grunte	km	0,03	62,34			62,34
5	Polietileninių 110mm skersmens vamzdžių paklojimas	100m	2,92	629			629
6	Duobės spintos pamatui iškasimas	100m ³	0,27	760,24			760,24
7	Tranšėjų ir duobių užpylimas rankiniu būdu	m ³	24,6	306,71			306,71
8	Spintų pamatų montavimas	vnt.	9	471,74		48,6	520,34
Montavimo darbai							
1	Pakloto kabeliui įrengimas kai tranšėjoje tiesiamas vienas kabelis	100m	5,15	370,14	298,21		668,35
2	Kabelio tiesimas paruoštoje tranšėjoje neuždengiant, kai 1mkabelio masė iki 6 kg	100m	3,38	698,71		286,22	984,93
3	Kabelio tiesimas vamzdžiuose, kai 1mkabelio	100m	1,77	584,85	124,62	149,88	859,35

	masė iki 6 kg						
4	Kabelio tiesimas atvirai	100m	0,51	270,9			270,9
5	Iki 1000V įtampos iki 70mm2 skersp. Kabeliui galinės movos montavimas.	vnt.	8	111,92			111,92
6	Iki 1000V įtampos iki 150mm2 skersp. Kabeliui galinės movos montavimas.	vnt.	10	195,85			195,85
7	Signalinės juostos paklojimas tranšėjoje	km	0,515	19,13	185,66		204,79
8	Skylių įvadams iškalimas betoniniuose pamatuose , užtaisyimas betonu.	vnt.	18	1063,42	482,49	1242	2787,91
9	Kabelio įvadų pamatų sienose hermetizacija	vnt.	18	458,61	202,21		660,82
10	Įvadinį apskaitų spintų montavimas(su pamatu)	vnt.	3	176,27			176,27
11	Tranzitinės apskaitos spintos montavimas	vnt.	6	408,24			408,24
12	Iki 100A automatinių jungiklių montavimas spintoje	vnt.	16	344,71		3,58	348,29
13	Kirtiklio saugiklio bloko montavimas kabelių spintose	vnt.	12	537,22		4,8	542,02
14	Antgalių prijungimas , presuojant prie laidų ir kabelių iki 50mm2.	100vnt.	0,08	16,67			16,67
15	Antgalių prijungimas , presuojant prie laidų ir kabelių iki 95mm2.	100vnt.	0,24	71,12			71,12
16	Antgalių prijungimas , presuojant prie laidų ir kabelių iki 150mm2	100vnt.	0,4	124,6			124,6
17	Laidų ir kabelių iki 50mm2. su antgaliais prijungimas prie aparatų gnybtų	100vnt.	0,08	24,18			24,18
18	Laidų ir kabelių iki 95mm2. su antgaliais prijungimas prie aparatų gnybtų	100vnt.	0,24	102,69			102,69
19	Laidų ir kabelių iki 150mm2. su antgaliais prijungimas prie aparatų gnybtų	100vnt.	0,4	249,18			249,18
20	Kabelio izoliacijos varžos matavimas	vnt.	9	122,47			122,47
	Įžeminimas						
1	Tranšėjų kasimas rankiniu būdu įžeminimo kontūrai I-II grupės grunte iki 1m gylio	km	0,045	233,73			233,73
2	Tranšėjų užpylimas rankiniu būdu įžeminimo kontūrai I-II grupės grunte	km	0,005	93,51			93,51
3	Pastatų žaibosaugos įžemiklių, surenkamų iš atskirų grandžių įgilinimas iki 10m.	m	81	455,58		178,2	633,78
4	Įžeminimo revizijos dėžių įrengimas	vnt.	9	56,86		55,08	111,94
5	Įžeminimo laidininko klojimas tranšėjoje	100m	0,45	98,84		91,8	190,64
6	Įžemiklio varžos matavimas	vnt.	9	136,08			136,08
7	Varžos matavimas srovės sklidimui , kai kai kontūro diagonalė iki 20m.	vnt.	1	32,02			32,02
8	Grunto varžos nustatymas	vnt.	1	60,48			60,48
9	Grandinės patikrinimas tarp įžemiklių ir įžemintų elementų.	100vnt.	0,01	2,45			2,45
10	Įžeminimo kontūro varžos matavimas.	vnt.	9	214,05			214,05
	Medžiagos						
1	PVC vamzdis d110	m	510		2040		2040
2	Kabelis AXMK 4x50	m	15		142,2		142,2
3	Kabelis AXMK 4x70	m	77		1024,9		1024,87
5	Kabelis AXMK 4x 120	m	156		3204,2		3204,24
6	Kabelis AXMK 4x 150	m	318		7574,8		7574,76
7	Galinė mova 1kV 16-70 mm kabeliui	kompl.	8		96		96
8	Galinė mova 1kV 70-150 mm kabeliui	kompl.	10		145		145
9	Įvadinė apskaitos spinta	kompl.	3		1962		1962
10	Tranzitinė spinta	kompl.	6		6162		6162
11	Antgalis AL-50	vnt.	8		19,28		19,28
12	Antgalis AL-70	vnt.	24		86,88		86,88
13	Antgalis AL-120	vnt.	16		73,2		73,2
14	Antgalis AL-150	vnt.	24		139,68		139,68
15	Įžeminimo kontūras	kompl.	9		495		495
16	Kontrolinė dėžutė į gruntą	vnt.	9		415,8		415,8

	Viso			9740,74	24874	3086,8	37701,7
	Sodra 31%			3019,629			
	viso tiesioginės išlaidos						40721,3
	Pridėtinės išlaidos 10%						974,074
	Pelnas 5%						2084,77
	Iš viso netiesioginės išlaidos						3058,84
	Bendra vertė be PVM						43780,1
	PVM 21%						9193,83
	Bendra vertė su PVM						52973,9

Iš atlikto skaičiavimo matome, kad kiekvieno pastato pareikalaujamą galią padidinus 5 kW, elektros tinklas pabrangsta 5185Lt, kiekvienam pastatui tai sudaro 288 Lt. Šis pabrangimas nėra reikšmingas ir negali įtakoti šildymo sistemos pasirinkimo.

5. IŠVADOS

Atlikti skaičiavimai parodė jog investicijos į pastato apšiltinimą yra tikslingos, nors jų atsipirkimo laikas ir pakankamai ilgas.

Šilumos siurblio naudingumo koeficientas negali pasiekti idealaus Karno ciklo naudingumo koeficiento dėl mechaninių, elektrinių ir šiluminių nuostolių.

Dėl pakankamai žybaus teorinio ir praktinio šilumos siurblio naudingumo koeficiento skirtumo, yra didelis šilumos siurblių tobulinimo galimybių potencialas.

Pagrindiniai argumentai renkantis šilumos siurblio lauko kolektoriaus tipą, turėtų būti išgaunamos šiluminės energijos kiekis ir kolektoriaus kaina.

Atliktas šilumos siurblio tyrimas parodė, jog šilumos siurblio suvartojamos elektros energijos kiekis didžiąja dalimi priklauso tik nuo lauko temperatūros.

Teorinis suvartotos energijos kiekis labai nežymiai skiriasi nuo praktiškai suvartoto energijos kiekio, o skirtumas susidarė dėl mažesnio praktinio karšto vandens poreikio nei teoriškai apskaičiuoto.

Šildymo sezono metu šilumos siurblio naudingumo koeficientas kinta labai nežymiai, kadangi šildymo sistemos vandens temperatūra išlieka pastovi, o lauko kontūro šilumnešio temperatūra nukrinta iki nulinės reikšmės per pakankamai trumpą laiką, todėl temperatūrų skirtumas išlieka pastovus.

Atliktas techninis ekonominis įvertinimas parodė, jog pigiausia kuro rūšis yra kietasis kuras, tačiau net pakankamai gera šildymo sistema su kietojo kuro katilu nusiledžia šilumos siurbliui komforto ir saugumo lygiu.

Atliktas alternatyvių projektų vertinimas 15 metų laikotarpiu parodė, kad investicijos į šilumos siurblių yra tiek pat ekonomiškai patrauklios, kiek ir į sistemą su dujų katilu.

Atliktas radiatorinės ir grindinio šildymo sistemų ekonominis palyginimas 15 metų laikotarpiu parodė, jog sutaupytos energijos kaina yra lygi investicijoms į grindinio šildymo sistemą, todėl 15 metų laikotarpiu grindinė šildymo sistema nėra pranašesnė už radiatorinę.

Galingesnio elektros tinklo poreikis šilumos siurbliui ekonominiu aspektu nėra reikšmingas ir negali įtakoti šildymo sistemos pasirinkimo.

Šilumos siurblio sistemos atsipirkimo laikas taikant skirtingus skaičiavimo metodus skiriasi. Taikant paprasto atsipirkimo metodą, sistema atsiperka per 13 metų, tačiau šis metodas neįvertina pinigų vertės kitimo laike, kurį atspindi diskonto norma. Diskontavus lėšas atsipirkimo laikas pailgėja iki 22 metų ir viršija sistemos tarnavimo laiką.

Investicija į šilumos siurblių bus tikslinga tik tada, kai šilumos siurblio sistemos kaina bus lygi ar nežymiai skirsis nuo kitų šildymo sistemų kainos.

6. LITERATŪRA

1. Aleknevičienė V. 1997. Investicijų rizikos valdymas. Kaunas: LŽŪU Leidybos centras. 100 p.
2. Bivainis, J., Griškevičius, A., Jakštas, V. 1997. Investicinių projektų vertinimas. Investicijų valdymas. Vilnius : Lietuvos informacijos institutas. 38p.
3. Martinaitis V. 2007. Techninė termodinamika Vilnius: Technika. 208 p.
4. Aleksandravičius T.A., Klementavičius A., Krakauskas M. 1996. Šilumos siurblių panaudojimo galimybės Lietuvoje. Vilnius: . Lietuvos energetikos ministerijos VĮ „Energetikos agentūra“ Energijos taupymo programos direkcija. 14p.
5. Marcinauskas K., Bubelis E. 2002. Šilumos siurbliai individualiose sodybose Lietuvoje: prielaidos ir prognozės. Vilnius: LEI . 66p.
6. J. Kaladė, V. Mickevičius, D. Grabauskas.1982. Termodinamika ir statistinė fizika. Vilnius: 380p.
7. Martinėnas B. 2006. Molėkulinė fizika ir termodinamika. Vilnius: 154p.
8. Четыркин Е. М.1988. Финансовый анализ производственных инвестиций. Москва : Дело. 255p.
9. Кальнинь И. М.1944 . Перспективы развития тепловых насосов. Москва: Холодильная техника. 30p.
10. Ю.С. Потапов, Л.П. Фоминский. 2008. Энергия вращения. Москва: Энергия. 357p.
11. 2007. Nacionalinė energetikos strategija. Vilnius: LRS.38p.
12. Fahlen P., Voll H., Naumov J. Efficiency of pump operation in hydronic heating and cooling systems. Journal of civil engineering and management. 2006 Vol. XII, No 1. 57-62.
13. Commercial/Institutional Ground-Source Heat Pump Engineering Manual.1995 American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc. Atlanta, USA
14. Prieiga per internetą: < <http://www.pasyvusnamai.lt>>
15. Prieiga per internetą: < <http://www.passivehouse.us>>
16. Prieiga per internetą: < <http://www.thermia.com>>
17. Prieiga per internetą: < <http://www.ochsner.com/>>
18. Prieiga per internetą: < <http://www.vaillant.com>>
19. Prieiga per internetą: < <http://www.emersonclimate.com>>