



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS
PASTATŲ ENERGINIŲ SISTEMŲ KATEDRA

VĖJO ENERGIJOS PANAUDOJIMAS PASTATO
INŽINERINĖSE SISTEMOSE

Baigiamasis magistro projektas

Darbo vadovas: prof. Tadas Ždankus

Darbą atliko: Karolis Žemaitis SPM-5

KAUNAS , 2017

KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS
PASTATŲ ENERGINIŲ SISTEMŲ KATEDRA

VĖJO ENERGIJOS PANAUDOJIMAS PASTATO
INŽINERINĖSE SISTEMOSE
Baigiamasis magistro projektas

Pastatų inžinerinės sistemos (kodas M6056N21)

Vadovas

(parašas) Prof. dr. Tadas Ždankus

(data)

Recenzentas

(parašas)

(data)

Projektą atliko

(parašas) Karolis Žemaitis

(data)

KAUNAS, 2017

Projektą atliko SPM- 5 gr. studentas:

vardas, pavardė

parašas, data

Konsultantai:

Grafinė dalis

Ramūnas Gečys

vardas, pavardė

parašas, data



KAUNO TECHNOLOGIJOS UNIVERSITETAS
STATYBOS IR ARCHITEKTŪROS FAKULTETAS

(Fakultetas)

Karolis Žemaitis

(Studento vardas, pavardė)

M6056N21 Pastatų inžinerinės sistemos

(Studijų programos pavadinimas, kodas)

„Baigiamojo projekto pavadinimas“

AKADEMINIO SAŽINGUMO DEKLARACIJA

2017 m. gruodžio 1 d.

_____ Kaunas _____

Patvirtinu, kad mano, **Karolio Žemaičio**, baigiamasis projektas tema „**Vėjo energijos panaudojimas pastato inžinerinėse sistemose**“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)

Turinys.....	5
1. ĮŽANGA.....	7
2. TIRIAMOJI DALIS	
2.1 Lietuvoje vyraujantys vėjai.....	8
2.2 Meteorologijos stoties duomenų apžvalga.....	10
2.3 Tiriamojo pastato stebimų meteorologinių duomenų analizė.....	14
2.4 Vėjo energijos potencialas ir kaita tiriamojo pastato aplinkoje.....	19
2.5 Tinkamiausios vėjo jėgainės įrengimo vietos parinkimas.....	21
2.6 Vėjo energijos panaudojimas.....	27
2.6.1 Vėjo energijos panaudojimas karštam vandeniui ruošti.....	27
2.6.2 Vėjo energijos panaudojimas tiekiamo oro pašildymui.....	27
2.6.3 Vėjo energijos transformavimo į šilumą sistemos valdymas.....	27
2.6.5 Vėjo generuojamos energijos apskaičiavimas.....	28
3. PROJEKTINĖ DALIS	
3.1 Vėdinimo sistemos.....	33
3.1.1 Projektiniai oro kiekiai.....	34
3.1.2 Aerodinamiai skaičiavimai.....	35
3.1.3 Įrangos parinkimas.....	37
3.1.4 Vėdinimo sistemos valdymas.....	38
3.2 Vandentiekis ir nuotekos.....	39
3.2.1 Vandens poreikis.....	39
3.2.2 Hidraulinis šalto vandentiekio skaičiavimas	44
3.2.3 Hidraulinis šalto vandentiekio skaičiavimas.....	45
3.2.4 Karšto vandens ruošimas.....	46
3.2.5 Karšto vandens sistemos valdymas	47
4. Ekonominė dalis	48
Išvados....	50
Literatūra.....	51
Priedai	

Žemaitis, Karolis. Vėjo energijos panaudojimas pastato inžinerinėse sistemose.

Magistro baigiamasis projektas / vadovas prof. dr. Tadas Ždankus; Kauno technologijos universitetas, statybos ir architektūros fakultetas.

Mokslo kryptis ir sritis: pastatų energetinės sistemos, vėjo energetika

Reikšminiai žodžiai: *vėjo energija, karštas vanduo, vėdinimas.*

Kaunas, 2017. 56 p.

SANTRAUKA

Baigiamajame magistro darbe nagrinėjama galimybė panaudoti vėjo energiją tiekiamo oro šildymui ir karšto vandens ruošimui sporto klube. Tiriamajoje dalyje buvo matuotas vėjo greitis pastato aplinkoje, analizuoti meteorogijos stočių duomenys, nustatyta vieta vėjo jėgainėms įrengti, apskaičiuoti energetiniai poreikiai ir vėjo jėginių generuojami energijos kiekiai. Projektinėje dalyje buvo suprojektuotos sporto klubo vėdinimo ir vandentiekio sistemos, pritaikyta vėjo energijos transformavimo ir panaudojimo schema. Apskaičiuotas sistemos atsipirkimo laikas.

Žemaitis, Karolis. Usege of *Wind Energy in Buildings Engineering Systems*. Master's thesis in *engineering systems of buldings* / supervisor assoc. prof. Tadas Ždankus. The Faculty of Civil Engineering And Architecture, Kaunas University of Technology.

Research area and field: buildings energy systems, wind energy

Key words: wind energy, hot water, ventilation

Kaunas, 2017. 56 p.

SUMMARY

Wind energy transformation system was analyzed in this final master paper. Wind energy are using to prepear hot water and handling air in ventilation system. Wind speed was measured in a building area. Recommendend wind turbine place was established. Amount of generated electric power and energy consumptions was calculated. Cold, hot water and ventilation systems was designed to a gym type building. Economical calculations was made after designing stage.

1. ĮŽANGA

Pastaraisiais dešimtmečiais stebimas tradicinių energijos išteklių kainų kilimas skatina domėtis alternatyviais energijos gamybos būdais. Tobulėjant technologijoms, griežtėjant ekologiniams reikalavimams, atsižvelgiama į atsinaujinančių išteklių panaudojimą, vienu iš jų vėjo energetika. Pastebima, kad vėjo energetika viena labiausiai plėtojamų atsinaujinančių energijos išteklių šakų, daroma sparti technologinė pažanga ne tik didžiojoje vėjo energetikos pramonėje, tačiau ir mažųjų vėjo jėgainių srityje. Šio galinybės skatina analizuoti tikslingą vėjo energijos panaudojimą pastato energetiniams poreikiams padengti.

Darbe nagrinėjama mažos galios jėgainių generuojančių elektros energiją panaudojimas pastato inžinerinių sistemų, tokių kaip karšto vandens ruošimo, vėdinimo, šiluminės energijos poreikiams padengti.

Tyrimo tikslas – ištirti mažųjų vėjo jėgainių generuojamos elektros energijos panaudojimo komercinių patalpų inžinerinių sistemų, tiekiančių šiluminę energiją, galimybes.

Tyrimo uždaviniai:

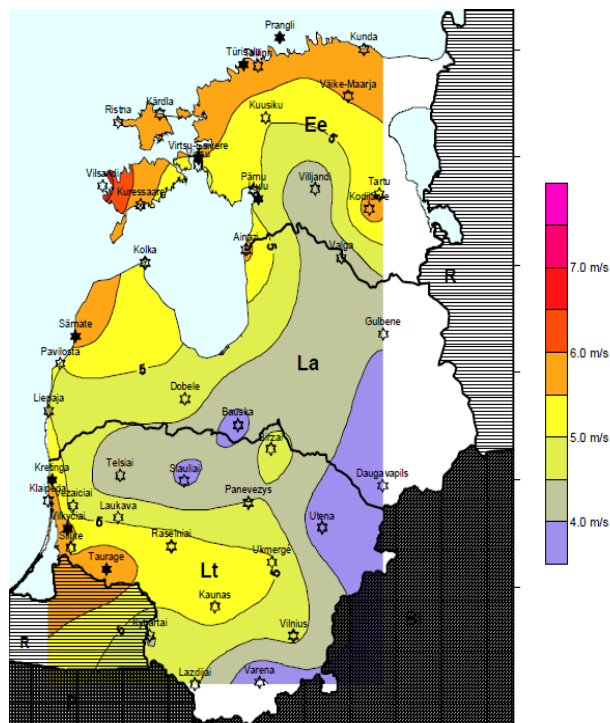
1. Ištirti vėjo energijos potencialą pastato aplinkoje
2. Nustatyti tinkamiausią vėjo jėgainių įrengimo vietą
3. Sudaryti vėjo energijos transformavimo ir šilumos tiekimo schemas
4. Apskaičiuoti vėjo jėgainių generuojamus energijos kiekius

2. TIRIAMOJI DALIS

2.1 Lietuvoje vyraujantys vėjai

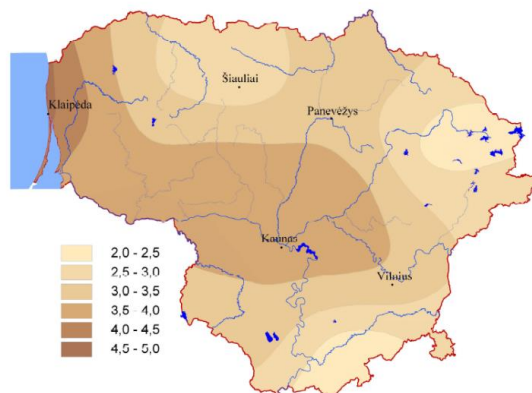
Vėjo kitimo duomenys ir parametrai fiksuojami meteorologijos stotyse, pagal tarptautinius standartus vėjo greitis matuojamas 10 metrų aukštyje.

Vyraujantiems vidutiniams vėjo greičiams detalizuoti sudaromi vėjo atlasai. Vienas jų pagal Lietuvoje surinktus meteorologinių stočių duomenis Danijos Risoe laboratorijos sudarytas, Baltijos šalių vėjo atlasas [1], pagal Wind Atlas metodiką. Jame skirtingomis spalvomis atvaizduoti metiniai vidutiniai vėjo greičiai (1 pav.)

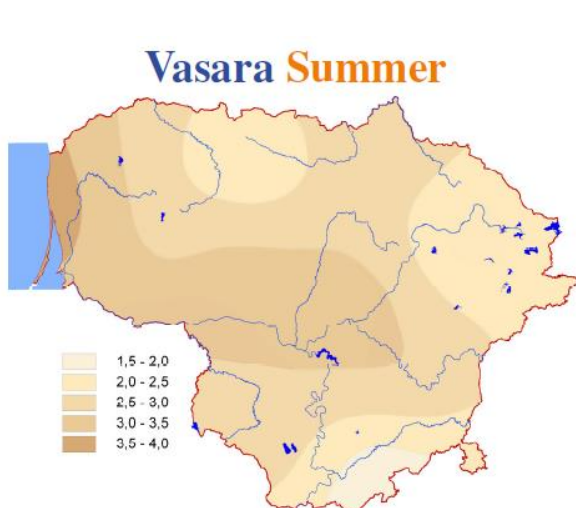


1 Pav. Vidutiniai vėjų greičiai pagal "Baltic wind atlas"

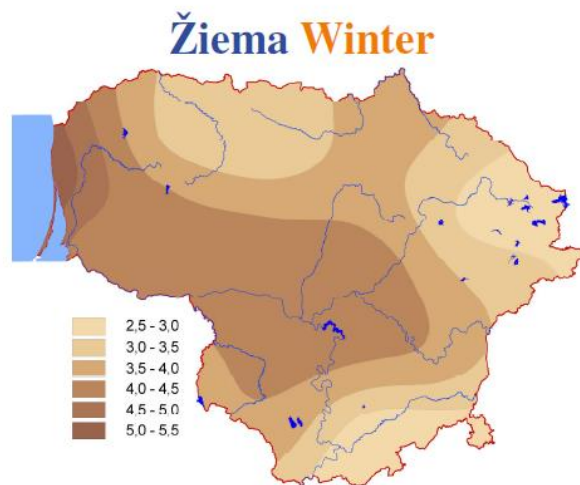
Galima matyti, kad vėjo greičiai skiriasi pajūrio ir žemyninėje dalyje. Pagal vėjo atlaso spalvas galima apytiksliai nustatyti vėjo greitį 10 m aukštyje. Lietuva – palyginti silpnų ir vidutinių vėjų šalis. Visais metų laikais stipriausi vėjai pučia pajūryje ir Kuršių Nerijoje 5,0–5,5 m/s, silpniausi vėjai pučia pietrytinėje ir šiaurės rytų Lietuvos dalyje 2,0–2,5 m/s. Beveik visus metus Lietuvos teritorijoje vyrauja pietinių ir vakarų kryčių vėjai[2]. Pagal Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos 1981–2010 metų stebėjimų duomenis sudaryti vėjų žemėlapiai.



2 Pav. Vidutiniai metiniai greičiai Lietuvoje



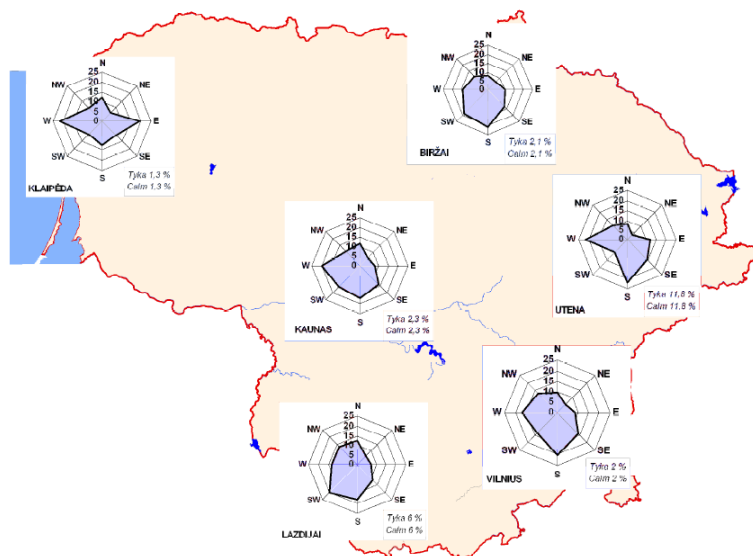
3 Pav. Vidutiniai vėjo greičiai vasarą



4 Pav. Vidutiniai vėjo greičiai žiemą

Vėjo energijos išteklių panaudojimo planavimui didelę reikšmę turi ne tik duomenys apie tikėtiną vėjo greitį, jo kaitą, bet ir kryptį. Skirtingomis kryptimis pučiantis vėjas dėl jėgineų supančių kliūčių gali skirtingai veikti jos efektyvumą, todėl vėjo greičio trukmės pasaulio šalių kryptimi nustatymas leidžia tiksliau apskaičiuoti jo energijos išteklius.

Vėjo kryptys įprastai skirstomos į aštuonias pasaulio šalis: šiaurės (Š), šiaurės rytų (ŠR), rytų (R), pietryčių (PR), pietų (P), pietvakarių (PV), vakarų (V), šiaurės vakarų (ŠV), kuriose kiekviena kryptis apima 45° kampą. Pagal meteorologinius matavimus duomenis, vėjo greičio pasiskirstymo dažnumą sudaroma vėjų rožė 5 pav.

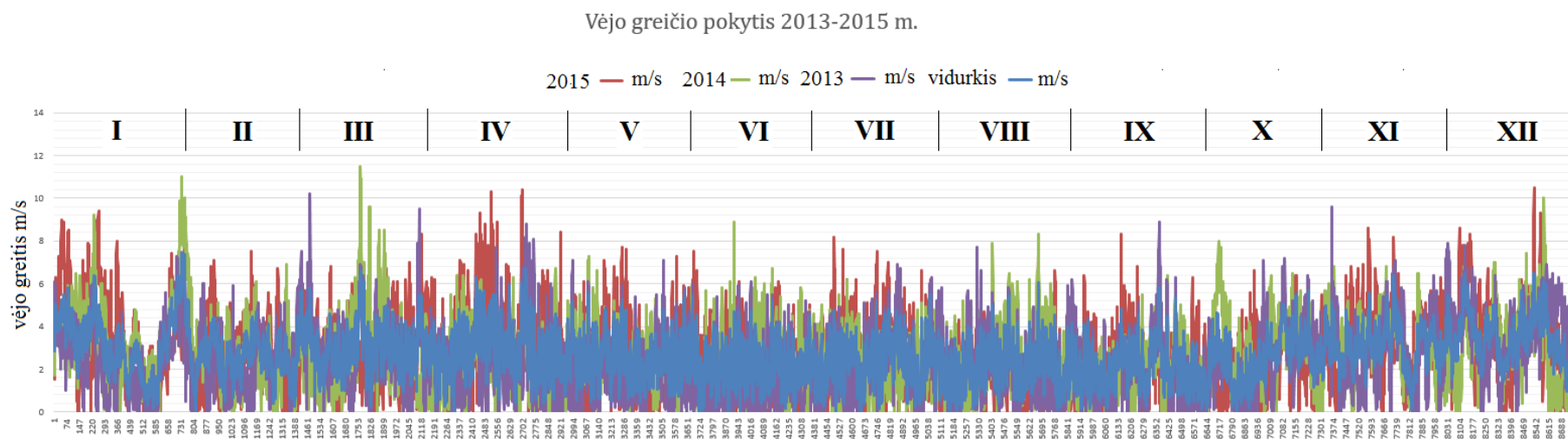


5 Pav. Lietuvos miestų metinių stebėjimų vėjų rožės

2.2 Meteorologijos stoties duomenų apžvalga

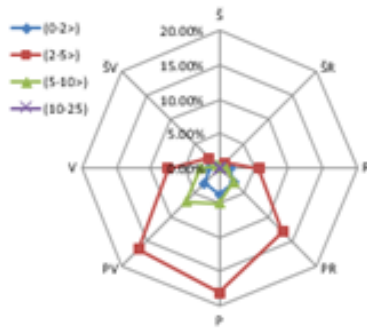
Siekiant nustatyti kiek vėjo energijos galima būtų panaudoti energetiniams poreikiams padengti reikia turėti pakankamai patikimų, daugiamečių meteorologinių aplinkos sąlygų stebėjimų duomenų iš kurių galėtume daryti prielaidas apie vyraujančius vidutinius vėjo greičius tiriamojo objekto vietoje. Tiriamajame darbe analizuojami Lietuvos hidrometeorologijos tarnybos pateikti Vilniaus meteorologijos stoties vėjo greičio ir krypties, oro temperatūros stebėjimų duomenys.

Modeliuojant vėjo energijos transformavimo sistemą kuri galėtų padengti karšto vandens, vėdinimo sistemų energijos poreikius, svarbu žinoti vietovės aplinkos meteorologiniu parametru kaitos dėsninumus nuo kurių tiesiogiai priklauso pastato energetiniai poreikiai. Energetiniai sistemai svarbus oro temperatūros, vėjo greičio ir krypties trukmė skirtingais metų periodais.

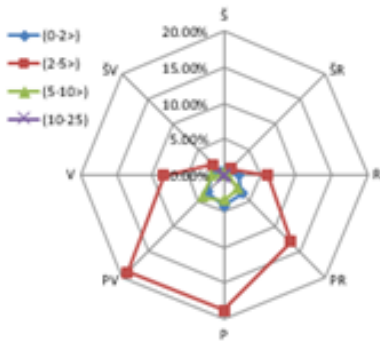


6 Pav. Vilniaus miesto meteorologinės stoties 2013-2015 metų vėjo greičio stebėjimų duomenys

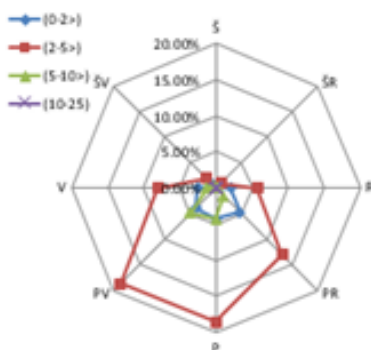
Pagal vėjo greičio stebėjimo duomenis Vilniaus miesto meteorologijos stotyje sudarytame grafike (pav. 9) palyginamas vėjo greičio pokytis 2013-2015 metais. Vėjo greitis nurodytas valandos intervale, matuojamas 10 metrų aukštyje virš žemės paviršiaus. Grafike galime pastebėti kad vėjo greičio kaita chaotiška, dauguma užfiksuotų reikšmių yra 0 – 7 m/s greičio intervale, didžiausios reikšmės siekia 11 m/s fiksuojamos gruodžio, vasario, kovo mėnesiais. Pastebima kad didžiausios ir ilgiausiai trunkančios vėjo greičio reikšmės fiksuojamos pavasarį, kovo, balandžio, gegužės mėnesiais, bei rudens antroje pusėje ir žiemos pradžioje, vėjo greičio reikšmės vyrauja 4-6 m/s intervale. Metinė kas valandinė vėjo greičio vidurkio reikšmė 2013 metais 2.8 m/s, 2014 m. – 2,7 m/s, 2015 - 2,7 m/s.



7 Pav. Vėjo greičio krypties trukmė 2015 m.



8 Pav. Vėjo greičio krypties trukmė 2014 m.

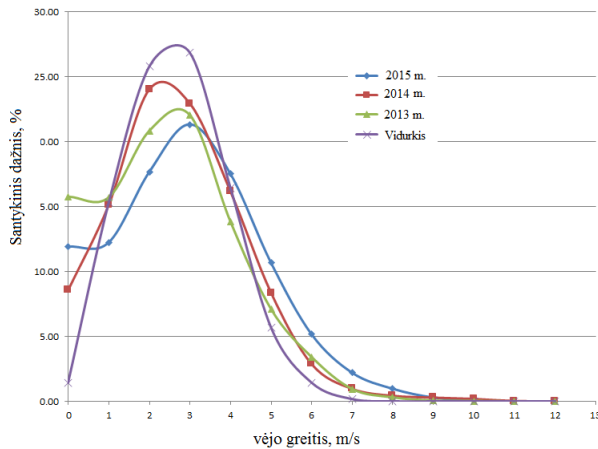


9 Pav. Vėjo greičio krypties trukmė 2013 m.

Vėjo kryptis

Pagal vėjo greičio ir krypties stebėjimo duomenis sudarytos vėjų rožės (7-9 pav.). Vėjo rožėse galime matyti koku greičiu, kokia kryptimi ir kiek laiko vėjas pučia Vilniaus mieste. Galime pastebėti kad Vilniuje 2013-2015 metų duomenimis vyraavo pietų, pietvakarių ir pietryčių vėjai. Lyginant trijų metų duomenis galime matyti kad didelių skirtumų tarp vėjo krypties pasiskirstymo nematyti, ilgiausios vėjo krypties trukmės išsidėsčiusios pietų ir pietvakarių kryptimis.

Siekiant išsiaiškinti vėjo energijos išteklius kuriuos galime panaudoti energijos gamybai, patogu sudaryti vėjo greičio reikšmių pasirodymo dažnio grafiką kuriame atspindi vėjo greičio

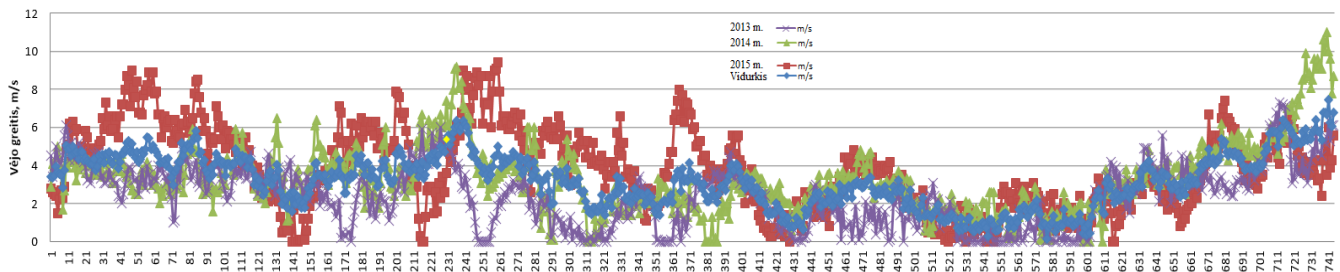


pasikartojimo dažnumas metų eigoje. Grafike (10 pav.) galime pastebėti kad skirtingais metais vėjų greičių reikšmių dažnių pasiskirstymas gerokai skiriasi, tai reiškia kad skirtingais metais suminis iš vėjo pagaminta energijos kiekis skirtingai. Skaičiavimų vidurkis rodo, kad vidutinė metinė ilgiausiai, 26,84 % trunkanti, vėjo greičio reikšmė lygi 3 m/s.

10 pav. Vėjo greičio reikšmių pasirodymo dažnio grafikas 2013-2015 m.

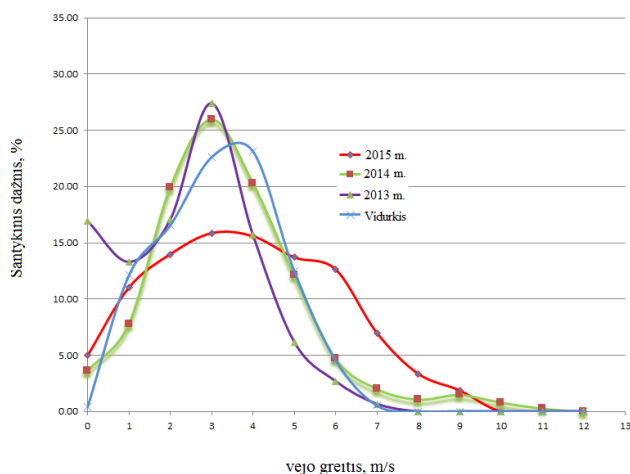
Projektuojant pastato inžinerines sistemas kurios turi kompensuoti pastato šilumos nuostolius svarbu atkreipti dėmesį kuriuo metų laikotarpiu energijos poreikiai didžiausi, tada galime parinkti tinkamą įrenginių galią ir nustatyti galimus suvartoti šilumos kiekius. Lietuvoje daugiametė žemiausia vidutinė metinė temperatūra fiksuojama sausio mėnesį [3]. Šiuo laikotarpiu vyraujančios vėjo greičio reikšmės vaizduojamos grafike (11 pav.) galime matyti, kad pirmoje sausio pusėje vėjo greičio reikšmės didesnės bei turi didesnę nuokrypį nuo vidutinės reikšmės, tai galima paaiškinti permainingu temperatūros kitimu. Antroje mėnesio pusėje esant žemesnėms oro temperatūros, vėjo greičio reikšmės pastovesnės ir žemesnės.

Vėjo greičio pokytis sausio mėn.



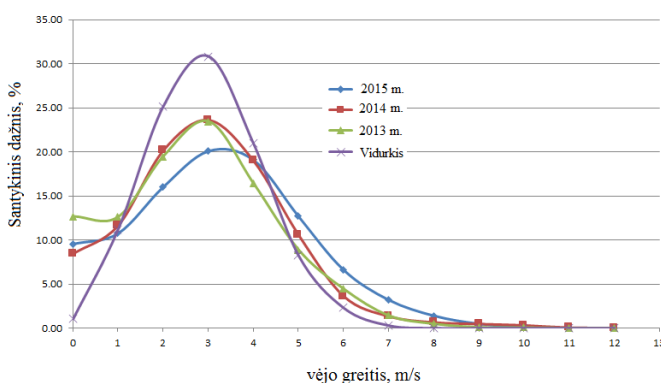
11 pav. Vilniaus miesto meteorologinės stoties 2013-2015 metų sausio mėnesio vėjo greičio stebėjimų duomenys

Sausio mėnesio vėjo greičio reikšmių pasirodymo grafike (12 pav.) galima pastebėti, kad dažniausiai pasikartojanti mėnesio vėjo greičio reikšmė 4 m/s , kurios santikinis pasikartojimo dažnis 30,84 % , vidutinis mėnesio vėjo greitis 3,2 m/s .



12 pav. Vėjo greičio reikšmių pasirodymo dažnio grafikas 2013-2015 m. sausio mėn.

Šildymo sezono vėjo greičio reikšmių pasirodymo grafike (13 pav.) galima pastebėti, kad dažniausia pasikartojanti vėjo greičio reikšmė 3 m/s , kurios santikinis pasikartojimo dažnis 30,84 % , vidutinis vėjo greitis 2,9 m/s . Galime matyti kad šildymo sezono vėjo greičio vidutinės reikšmės nežymiai didesnės nuo metinių reikšmių.



13 pav. Vėjo greičio reikšmių pasirodymo dažnio grafikas 2013-2015 m. šildymo sezonu

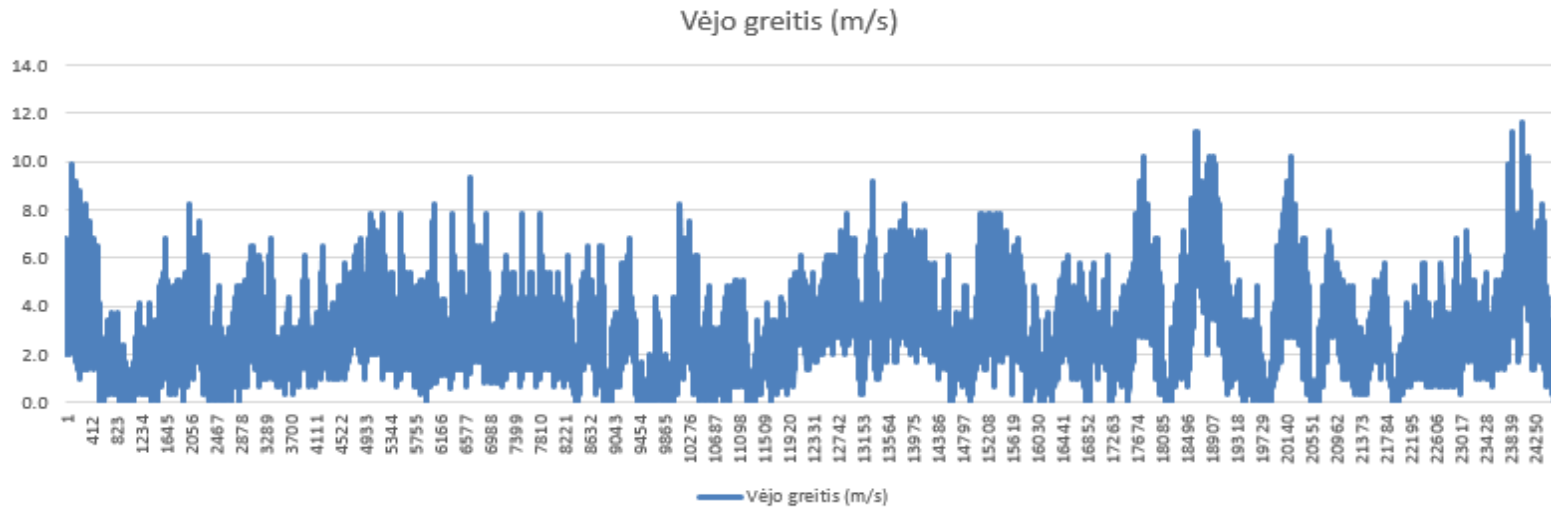
2.3 Tiriamojo pastato stebimų meteorologinių duomenų analizė

Remiantis ankstesniuose skyriuose pateiktais duomenimis galime nustatyti kokių meteorologijų sąlygų aplinkoje yra vietovė kurioje pastatytas tiriamasis pastatas. Siekiant tinkamai įvertinti energetinės sistemos, kuri panaudotų vėjo energiją pastato poreikiams padengti, apytikslių veitovės duomenų neužtenka. Pastato orientacija pasaulio šalių atžvilgiu, supančios aplinkos, kaip miškų masyvai, atviros laukymės ir vandens telkiniai ar kiti pastatai yra veiksniai kurie įtakoja meteorologines sąlygas kuriose turi veikti pastato energetinės sistemos. Išvardinti veiksniai dižiausią svarba turi oro masėms kurios supa pastatą, todėl vėjo greičio reikšmės kiekvieno pastato aplinkoje skiriasi, todėl tuo tikslu išsiaiškinti kokios meteorologinės sąlygos susidaro tiriamojo pastato aplinkoje buvo atlikti stebėjimai. Ant pastato stogo , 2,5 metrų nuo stogo altitudės ir 17 metrų nuo žemės paviršiaus, įrengta meteorologijos duomenų stotelė (14pav.) fiksuojanti pastato aplinkos oro parametrus: temperatūrą, vėjo greitį ir kryptį.

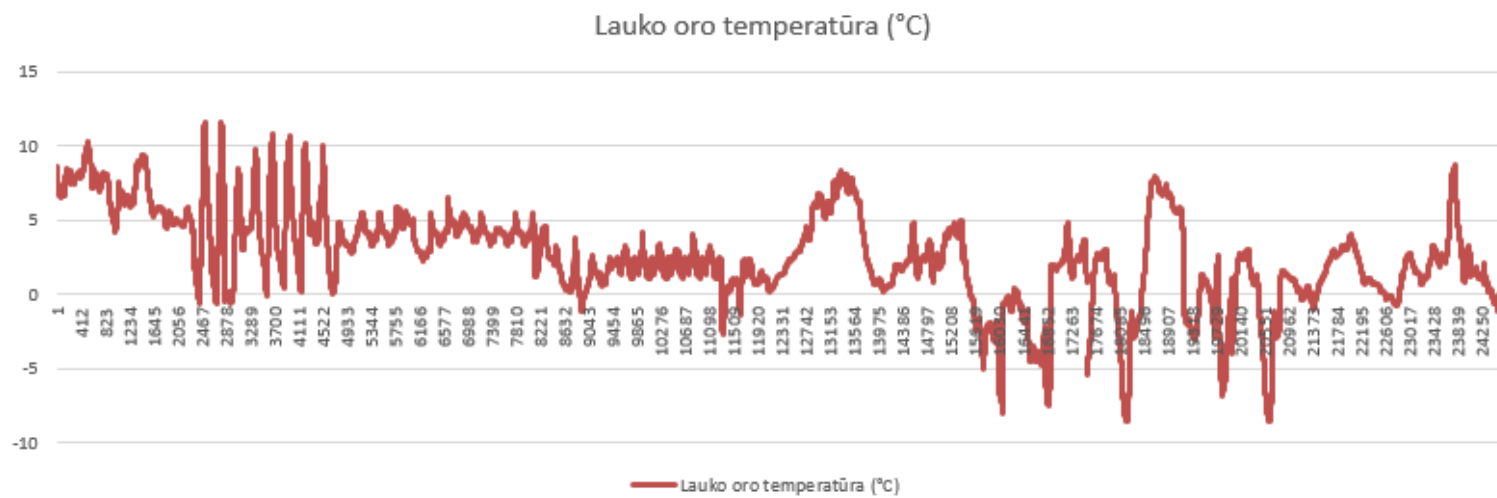


14 pav. Meteorologinė stotelė

Pastato aplinkos oro parametrai buvo stebimi 2016 m. spalio, lapkričio, gruodžio mėnesiais, fiksuojami ir kaupiami 5 minučių intervalu. Vėjo greičio, oro temperatūros parametrai pateikiami grafikuose (15-16 pav.) .



15 pav. Tiriamojo pastato meteorologinės stotelės vėjo greičio matavimo duomenys



16 pav. Tiriamojo pastato meteorologinės stotelės lauko oro temperatūros matavimo duomenys

Vėjo greičio reikšmių pokyčio grafike (15 pav.) galime matyti kad vėjo greitis virš pastato pasiekdavo 11.6 m/s ribą, reikšmių pokytis ši laikotarpį ganėtinai chaotiškas ir nepastovus, didžiąją laiko dalį kinta 1-8 m/s intervale. Vidutinis tirta laikotarpio vėjo greitis 2,6 m/s . Oro temperatūros pokyčio grafike (16 pav.) galime pastebėti kad puse tiriamojo laikotarpio oro temperatūros amplitudė ženkliai svyruoja, galime matyti kad vėjo pokytis tuo pačiu laikotarpiu taip pat svyruoja dideliu intervalu.

Siekiant palyginti tiriamojo pastato aplinkoje gautas vėjo greičio reikšmes su meteorologijos stoties duomenimis turime įvertinti tai, kad matavimai tiriamajame pastate ir meteorologijos stotyje atliekami skirtingame aukštyje atitinkamai 17 ir 10 metrų. Vėjo greitis kylant aukštyn nuo žemės paviršiaus stiprėja dėl mažėjančio paviršiaus nelygumų įtakos. Vėjo pokytis skirtingame aukštyje apskaičiuojamas:

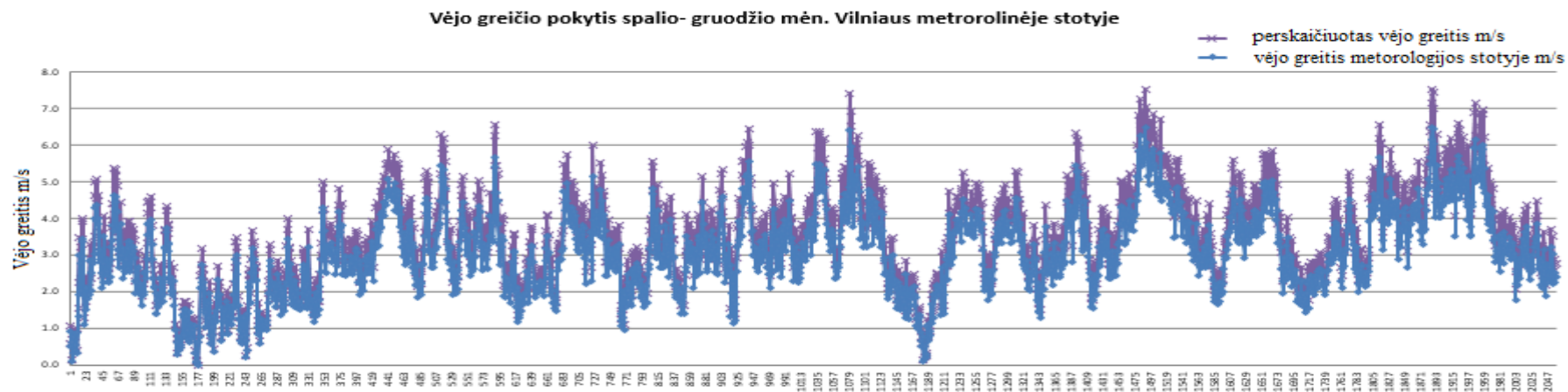
$$V = V_1 \left(\frac{h_2}{h_1} \right)^n; \quad (1)$$

Čia: h_1, h_2 - matuojamo vėjo greičio atitinkamai arčiau žemės paviršiaus ir aukščiau, m ;

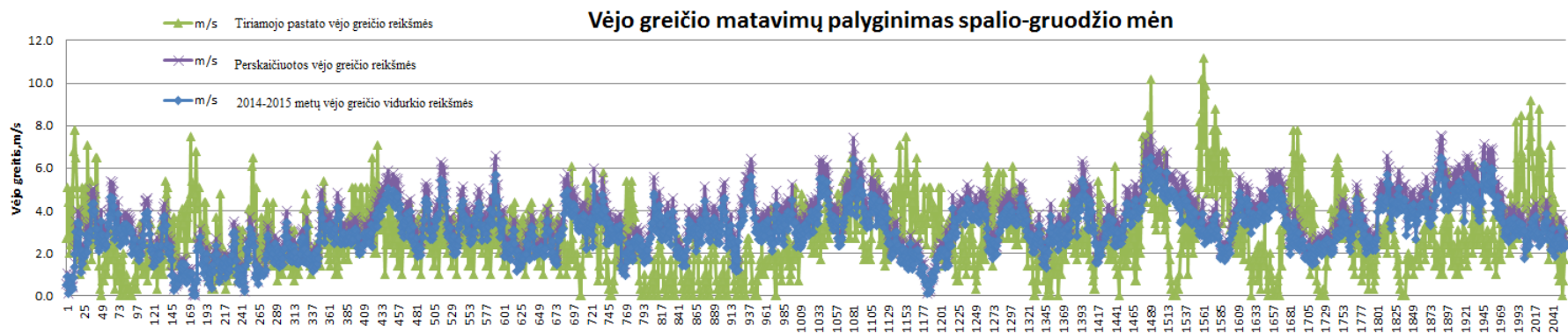
V_1, V_2 - vėjo greitis arčiau žemės paviršiaus ir aukščiau, m/s;

n - nuo žemės paviršiaus nelygumo priklausantis veiksnys. ($n = 0.28$)

Grafike (17 pav.) galime matyti spalio-gruozio mėnesiais 2014-2015 metais kas valandą užfiksuotų vėjo greičių vidurkio Vilniaus meteorologijos stotyje ir perskaičiuotas į tiriamojo pastato aukštį reikšmes. Galime pastebėti kad nagrinėjamą laikotarpį perskaičiuotos vėjo greičio reikšmės svyruoja 1 - 6 m/s , didžiausios reikšmės siekia 7,5 m/s, vėjo greičio vidurkis 3,6 m/s, perskaičiuoto greičio vidurkis padidėjo 16,13 % .

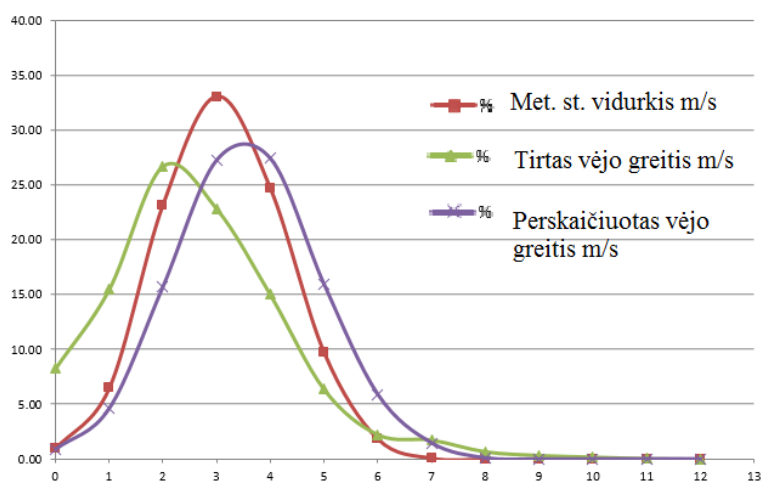


17 pav. Meteorologinės stoties vėjo greičio reikšmių ir perskaiciuotų stogo aukštyje reikšmių palyginamasis grafikas



18 pav. Meteorologinės stoties, perskaiciuotų ir tirtų vėjo greičio reikšmių stogo aukštyje palyginamasis grafikas

Grafike (18 pav.) galime matyti spalio-gruodžio mėnesiais 2014-2015 metais kas valandą užfiksuotų vėjo greičių vidurkio Vilniaus meteorologijos stotyje, perskaičiuotas į tiriamojo pastato aukštį ir tirtu vėjo greičio valandos intervalu reikšmes. Galime pastebėti kad nagrinėjamą laikotarpį visos trys minimos vėjo greičio reikšmės svyruoja 1 - 6 m/s . Tiriamajame pastate matuotos reikšmės pasižymi didesnėmis maksimaliomis reikšmėmis kurios siekia 11.2 m/s, tačiau vėjo greičio vidurkis žemesnis ir siekia 2,8 m/s lyginant su perskaičiuotomis meteorologinės stoties duomenų reikšmėmis, kurios siekia 3,6 m/s.



19 pav. Vėjo greičio reikšmių pasirodymo dažnio grafikas spalio-gruodžio mėn.

Spalio – gruodžio mėnesių vėjo greičio reikšmių pasirodymo grafike (19 pav.) galima pastebėti, kad dažniausiai pasikartojanti tiriamajame pastate matuoto vėjo greičio reikšmė 2 m/s kurios santykinis pasikartojimo dažnis 26,76 %, 2014-2015 m. atitinkamo laikotarpio vėjo greičio vidurkio dažniausiai pasikartojanti reikšmė 3 m/s, o santykinis dažnis 33,07 % , perskaičiuoto vėjo greičio reikšmės atitinkamai 4 m/s ir 27,44 % . Galime matyti kad nors tiriamajame pastate užfiksuotos maksimalios vėjo greičio reikšmės trunka ilgiau, tačiau didžiąją dalį laiko pučia silpnesni vėjai.

2.4 Vėjo energijos potencialas ir kaita tiriamojo pastato aplinkoje

Projektuojant vėjo elektros jėgaines ypač svarbu apskaičiuoti (prognozuoti) jų pagaminamos energijos kiekį. Pagrindinis veiksnys, lemiantis pagaminamos energijos kiekį, yra vietovės, kurioje statoma jėgainė, vėjo energijos išteklių. Oro srauto, praeinančio pro plotą A (pvz., pro vėjo jėgaines vėjaračio šluojamą plotą), esant vėjo greičiui V ir oro tankiui ρ , energijos potencialas apskaičiuojamas [4]:

$$E_p = \frac{1}{2} \rho \cdot V^3 \quad (2)$$

Čia: E - vėjo energijos galia (W)

ρ - oro tankis (kg/m^3);

V - vėjo greitis (m/s);

Analogiškai apskaičiuojama ir vėjo energija per laikotarpį t :

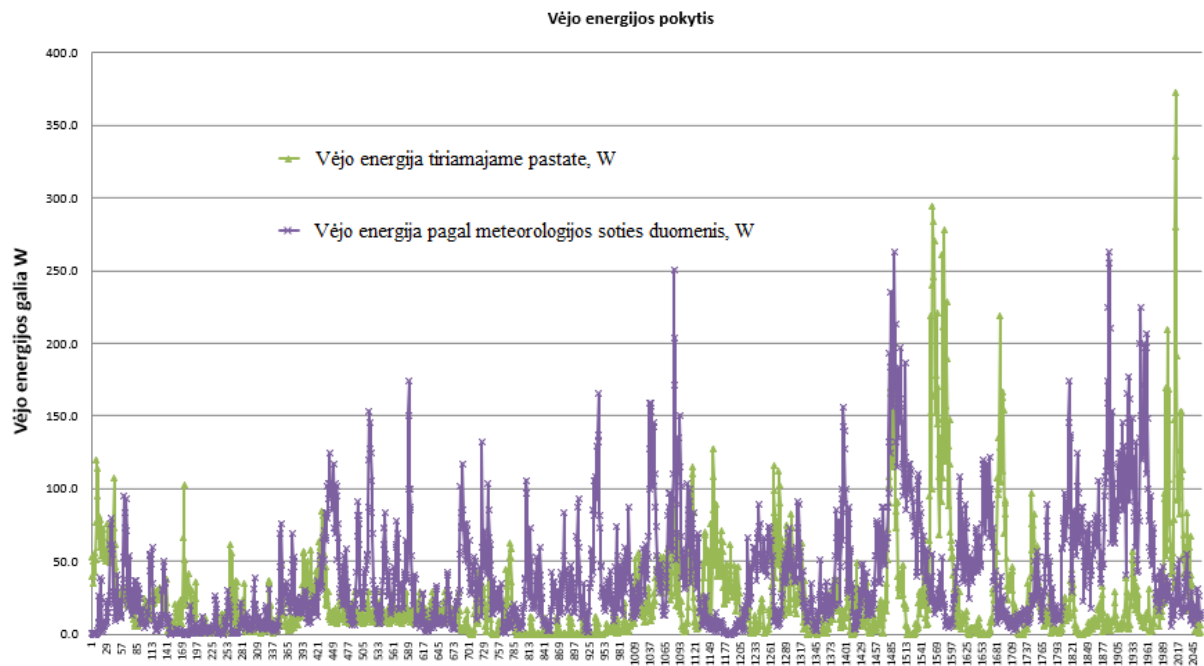
$$E = \frac{1}{2} \rho A V^3 t ; \quad (3)$$

Čia: E - vėjo energijos kiekis (Wh)

t - laikas (h)

A - vėjaračio plotas, m^2

Anksteniuose skyriuose išsiaiškinus vėjo greičio pokyčius tiriamojo pastato aplinkoje ir pasinaudojus (2) formule galime apskaičiuoti tikėtiną vėjo energijos kiekį, kurį galime panaudoti vėjo energiją tiriamojo pastato inžinerinių sistemų energijos sąnaudoms padengti.



20 pav. Vėjo energijos pokyčio grafikas tiriamojo pastato aplinkoje

Grafike (20 pav.) matome spalio-gruozio mėnesių vėjo energijos pokyčius apskaičiuotus pagal vėjo greičio reikšmes tiriamojo pastato aplinkoje ir užfiksuotas vidutines reikšmes meteorologijos stotyje. Galime matyti, kad maksimalios vidutinės valandinės vėjo energijos tiriamajame pastate tenkančios 1 m^2 vėjaračio plotui reikšmės siekia $373,9 \text{ W}$, didžiąją laiko dalį svyruoja $0\text{-}100 \text{ W}$ intervale, o vidutinė laikotarpio reikšmė $23,9 \text{ W}$. Pagal meteorologijos stotyje užfiksuotą to paties laikotarpio vidurkių reikšmes vidutinė valandinė vėjo energijos galia 25.5 W

2.5 Tinkamiausios vėjo jėgainės įrengimo vietos parinkimas

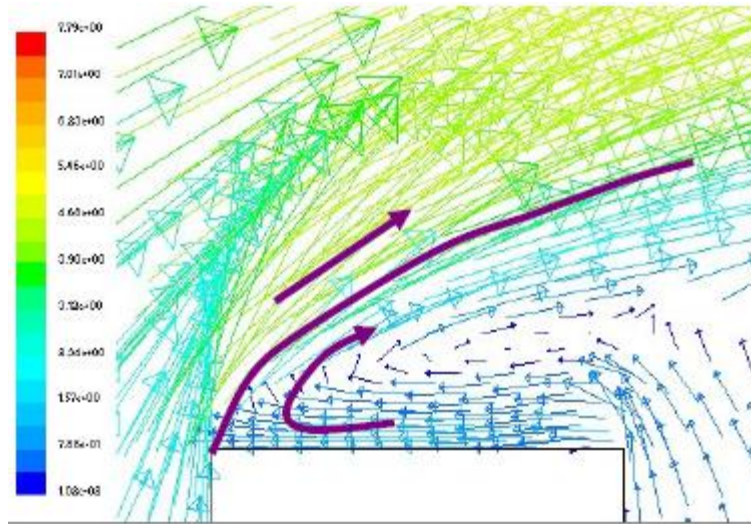
Europos sąjungos programos “Intelligent Energy Europe” (liet. Sumani Europos energija) remiamo projekto (WINEUR project , 2007) leidinyje „Urban wind turbines“ [5] skirtame apibendrinti ir išdėstyti projekto organizatorių žinias apie mažųjų vėjo jėgainių panaudojimą pastatų aplinkoje, suformuluotos bendros rekomendacijos tinkamai vietai jėgainiai parinkti:

1. jėgainės aplinkoje minimalus vidutinis greitis turėtų siekti 5,5 m/s;
2. vėjaračiai turėtų būti montuojami ant pastato stogo , arčiau centro;
3. vėjaračiai turėtų būti orientuoti taip jog būtų neužstoti kitų objektų iš vyraujančios vėjo kryptie pusės;
4. žemiausias vėjaračio taškas turėtų būti iškilęs bent 30 % pastato aukčio virš stogo;
5. Parinkti tokius vėjo jėgainių montavimo sprendimus, kad būtų išvengta vibracijų perdavimo pastato konstrukcijoms ir nebūtų viršijamos leistino triukšmo normos;

Siekiant pagrįsti išvardintus teiginius reikėtų įsigilinti į pastato konstrukcijos sąveiką su supančios aplinkos sąlygomis ir susipažinti su kitų autorių pateiktais pastebėjimais.

Pastatą aptekantys oro srautai

Norint nustatyti kokiuose oro srautuose tektų veikti vėjo jėgainei esančiai ant pastato stogo , sudaromi pastatą aptekančių oro srautų modeliai. Dauguma autorių tirinėjančių pastato sąveiką su jį veikiančia aplinka atlieka tiriamojo objekto simuliaciją skaičiuojamosios fluidų dinamikos (SFD, angl. *Computational Fluid Dynamics* - CFD) [6] metodu.



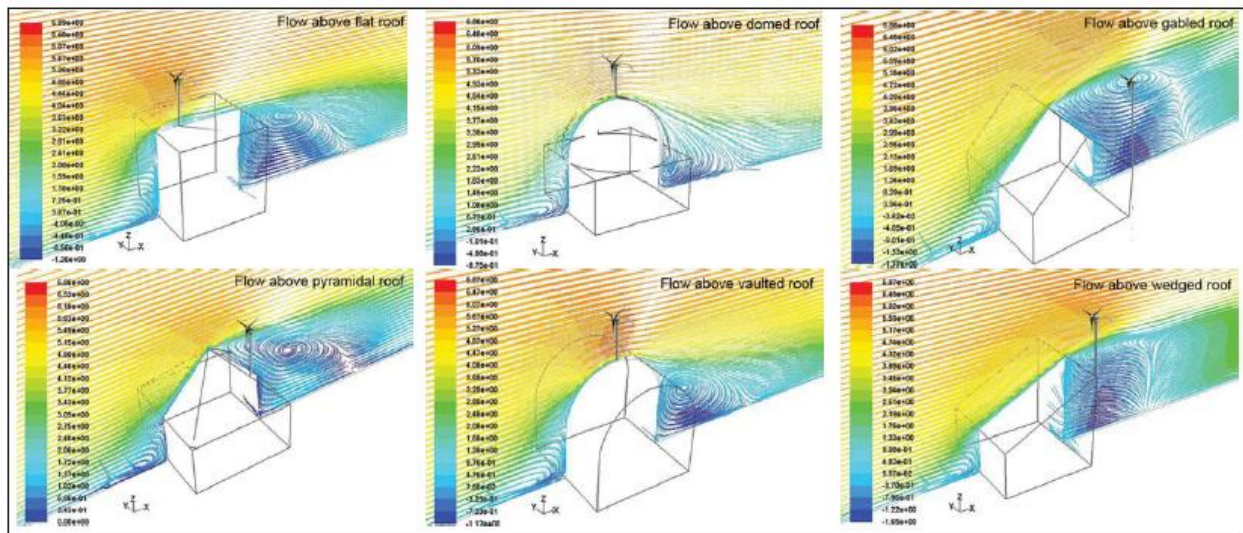
21 Pav. Pastato su plokščiu stogu oro srauto aptekėjimas simuliuojams CFD modelyje [5]

Oro srautų judėjimą pastato aplinkoje vaizduojančiame CFD modelyje (21 pav.) publikuotame straipsnyje [5] galime pastebėti kad oro srautui aptekant stačiakampį pastatą į srautą nukreiptoje pastato pusėje susidaro aukšto, o priešingoje žemo slėgio sritys, kurių pasakoje formuojasi išlenktos formos srovės, kurios apgaubia šonines sienas ir prateka virš stogo. Pastato užuovėjoje, žemo slėgio srityse, vyksta oro įsiurbimas, formuojasi turbulentinis oro judėjimas. Šiose zonose pastebimas mažas ir nestabilus oro srauto greitis. Galima teigti jog srovių aptekančių virš pastato kampas, greitis, sukuriamų turbulentinių zonų dydis priklauso nuo:

- pastato ir jo elementų formos;
- vėjo krypties;
- vėjo greičio;

Pastato formos įtaka pastatą aptekančiai srovei

Vėjo aptekėjimą pro skirtingų formų stogų pastatus mokslinio darbo [7] autoriai tiria pasitelkę CFD modeliavimą. Atlikę oro srautų modeliavimą pastatams su vienašlaičiu, dvišlaičiu, piramidės, kupolo formų stogais (22 pav.) autoriai pastebi , kad intensyviausia turbulencijos vieta susidaro virš visų tipų stogų ir siekia 1,3 pastato aukščio, teigia kad šioje zonoje reikėtų vengti montuoti vėjo jėgainę , bei pritaria [5] autorių nuomonei , kad optimali vieta vėjaračiui yra 35 - 50 % virš pastato stogo.



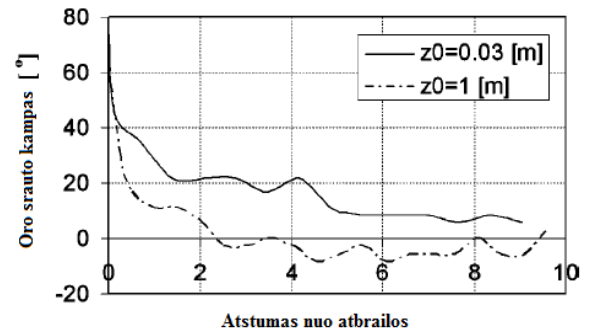
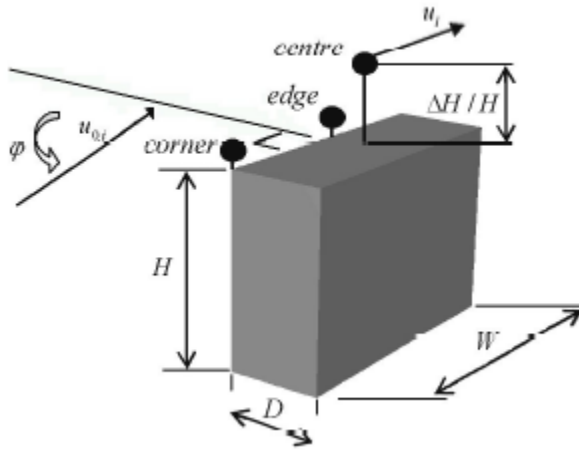
22 pav. Skirtingos formos stogų aptekėjimas simuliuojams CFD modelyje [7]

Nustatyta , kad virš visų tirtų pastato stogų tipų , virš 1,3 pastato aukščio ribos pastebimas oro srauto pagreitėjimas, vadinamas ekseleracijos efektu. Didžiausias pagreitėjimas pastebimas virš kupolo formos ir stačiakampio išgaubtos formos stogo, greičio reikšmės padidėjimas atitinkamai 1,12-1,14 ir 1,14-1,16 karto, o galios prieaugis 40,5 – 48,2 ir 48,2 - 56,1 %. Plokščio stogo atveju maksimalus oro pagreitėjimas fiksuojamas aukštyje virš stogo sudarančio 1,45 pastato aukščio, o reikšmė lygi 1,095 pirminio greičio pastata aptekant stačiu kampu. Oro srautui aptekant 45 laipsnių kampu, maksimali greičio prieaugio vertė 1,12 karto , fiksuojama aukštyje virš stogo sudarančio 1,35 pastato aukščio.

Vėjo krypties įtaka pastatą aptekančiai srovei

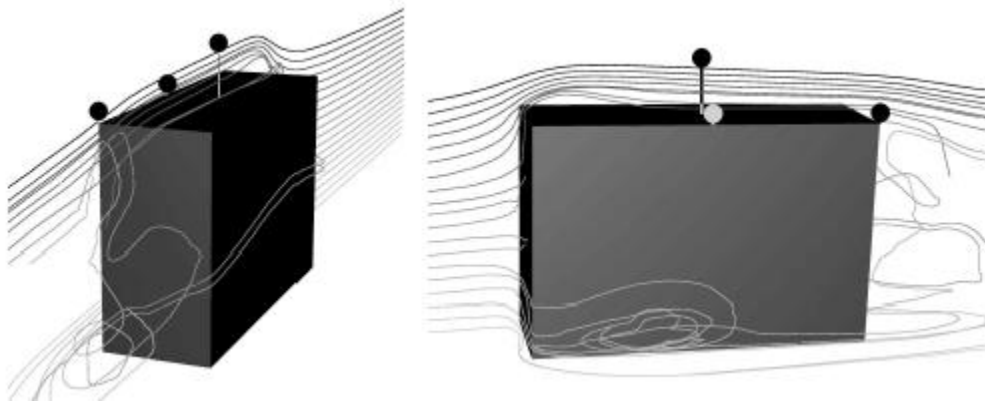
Viena iš faktorių kurie veikia vėjo jėgainės darbą yra vėjo kryptis. Pastatą iš skirtingų pusių aptekantis oro srautas sudaro skirtingų charakteristikų oro sroves. Mažų vėjo jėgainių veikimą pastatų aplinkoje aprašančiame darbe [8] sudarytame CDF modelyje simuliuojamas stačiakampis 20 metrų aukščio pastatas. Simuliacija skirta išsiaiškinti greičio pokyti trijuose pastato stogo taškuose pučiant skirtingų kryptių vėjui.

Skaičiuojamasis modelis vaizduojamas (23 pav.), kuriame $\Delta H/H$ – aukštis išreiktas tiriamo pastato aukščio dalimi, D - pastato plotis, W - ilgis, H - aukštis φ – vėjo krypties kampas, kai pradinis kampas yra statmenas pastato plačiajai fasado sienai.



23 pav. Skaičiuojamasis pastato aptekėjimo modelis [8] 24 pav. Oro srauto kampo pokytis modeliujamame pastate [8]

Matavimai atliekami pastato kampe, ilgosios kraštinės atbrailoje ir pastato stogo centre. Tiriamų taškų, kampe ir atbrailoje, aukštis virš stogo sudaro 0,05 stogo aukščio, atitinkamai stogo centre - 0,25 karto. Matavimo taškai pasirinkti vietose kur vėjo greitėjimas didžiausias.



25 pav. Pastato su plokščiu stogu oro srauto aptekėjimas $\varphi - 180$ kampu simuliuojams CFD modelyje [8]

Grafiniame modelio atvaizde (25 pav.) galime pastebėti kokių kampų pastatą apteka oro srautai ir kurie tiriamieji taškai patenka į akseleracijos ir turbulencijos zonas.

Pateiktoje tyrimo rezultatų lentelėje (6 lentelė) matome vėjo greičio pokyčio faktorius C reikšmes, kurios nusako vėjo greičio padidėjimą tiriamuose taškuose oro srautui juos aptekant atitinkamu kampu φ .

1. lentelė. Oro srauto akseleracija tiriamuose taškuose [8]

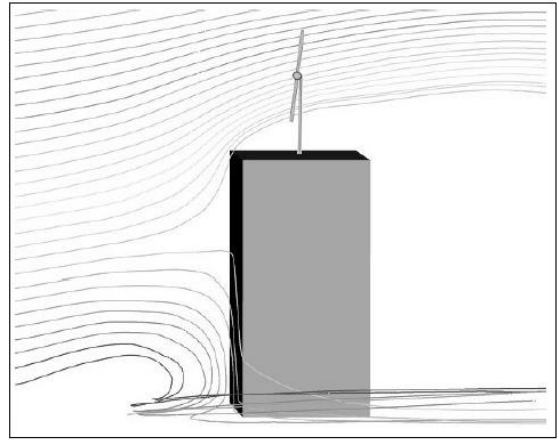
φ	C		
	Centre	Atbrailoje	Kampe
	$\Delta H/H = 0.25$	$\Delta H/H = 0.05$	$\Delta H/H = 0.05$
0	1.09	1.06	1.14
45	1.26	1.25	1.25
90	1.05	0.89	1.19
135	1.26	1.11	1.20
180	1.09	0.38	0.13
225	1.26	1.11	0.22
270	1.05	0.89	0.98
315	1.26	1.25	1.06

Atliko tyrimo pasirinktų matavimo taškų stogo centre, atbrailoje ir kampe palyginime autoriaus teigimu parodo:

- Pastato stogo centre vėjo energijos dydis 40% aukštesnis nei stogo atbrailos ir kampo matavimo taškuose;
- Oro srauto, aptekancio pastatą, kampas su stogo plokštuma, ties centru, kinta mažiausiai.
- Pastato stogo centre keičiantis vėjo kryptiai, vėjo greitis kinta mažiausiai nei stogo atbrailos ir kampo matavimo taškuose;

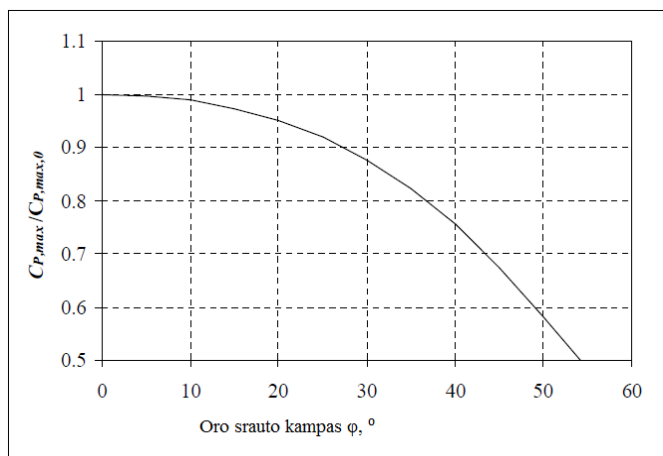
Vėjo jėgainės veikimas pastatą aptekančiame oro sraute

Dauguma pastatų stačiakampę formą - plokščia stogą ir statmenas briaunas. Ankščiau aptartuose simuleciniuose modeliuose buvo pastebima kad oro srautui susidūrus su stačiabriaunėmis kliūtimis, aptekantis srautas įgauna išgaubtą formą ir sudaro kampą su stogo plokštuma. Taigi vėjo jėgainei tektų dirbti išgaubtame sraute. Jėgainei parinkus horizontalios ašies vėjaratį, kurio efektyvus veikimas priklauso nuo optimalaus menčių pasukimo kampo ir vėjaračiui statmeno ir tolygaus oro srauto, užtikrinti efektyvų darbo rato veikimą reikėtų integruoti vėjaračio ašies pasukimo ir sekimo mechanizmą, kas padarytų įrenginį sudetingesnį, brangesnį ir reikalautų dažnesnio aptarnavimo. Kitu atveju horizontalios ašies vėjo jėgainė turi dirbti besikeičiančio kampo, krypties ir greičio išgaubtoje srovėje (Mertens, 2006).



26 pav. Horizontalios ašies vėjo jėgainė pastatą aptekančiame sraute [8]

Horizontalios ašies vėjaračio veikimą išgaubtame sraute galime apibūdinti pasitelkę Glauerto momentų teoriją išsireiškdami maksimalaus galios coeficiento $C_p \max$ priklausomybę nuo oro srauto kampo φ (27 pav.) (Mertens, 2006)



27 pav. $C_p \max$ priklausomybė nuo oro srauto kampo φ (Burton [9],2001)

Iš grafiko (27 pav.) matyti kad, maksimali galia kurią galėtų išgauti horizontalios ašies darbo ratas statmenu ($\varphi=0$) į srautą kampu, mažėja didėjant srauto kampui. Horizontalios ašies jėgainės darbo ratas turėtų būti orientuotas taip, kad pastatą aptekanti oro srovė darbo rato mentis pratekėtų kuo mažesniu kampu.

2.6 Vėjo energija panaudojimas

2.6.1 Vėjo energijos panaudojimas karštam vandeniui ruošti

Vėjo energijos galia ir kiekis pastato aplinkoje yra nepastovus, todėl siekiant panaudoti energiją turime parinkti ne tik tinkamą vėjo energijos transformavimo įrenginį bet ir pritaikyti esamas inžinerines sistemas galinčias išnaudoti papildomą energijos šaltinį. Viena iš galimybių yra elektros energiją kurią gamina vėjo jėgainės panaudoti karštam vandeniui ruošti.

Sitemos privalumai:

- paprastas sitemos įrengimas ir prijungimas prie esmos sistemos;
- elektriniai parametrai (įtampa, dažnis, galios nestabilumas) nėra svarbūs elektros energiją verčiant į šilumą
- galimybė praplėsti sistemą integruojant papildomas sistemas (saulės kolektorių, šilumos siurblių ir kt.)

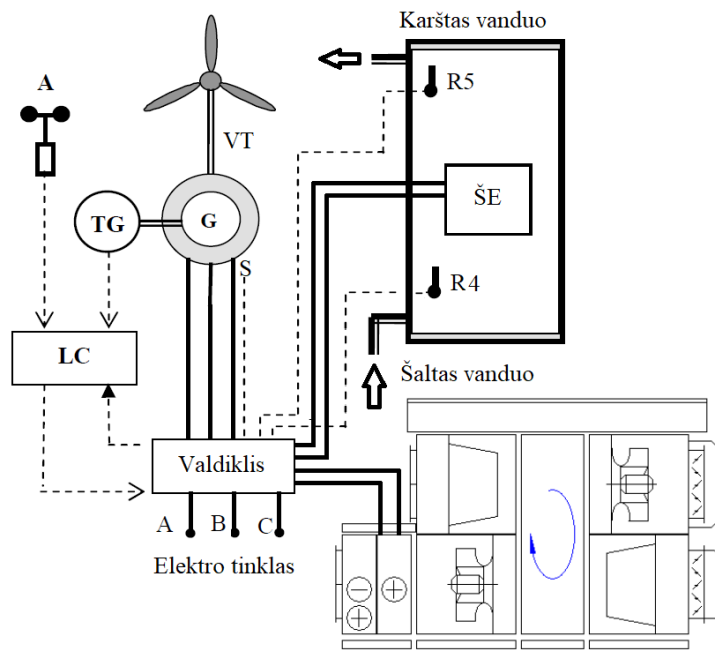
2.6.2 Vėjo energijos panaudojimas tiekiamam orui pašildyti

Sporto klubo oro kokybei kontroliuoti suprojektuota vėdinimo sistema, kurios tiekiamas oras ruošiamas oro tiekimo įrenginyje AHU-2. Oro tiekimo įrenginys sudarytas iš sekcijų atliekančių tam tikrą oro apdorojimo funkciją: šilumogrąžos, oro tiekimo/šalinimo, filtravimo, oro temperatūros palaikimui skirta vandeninė šildymo sekcija. Tiriamuoju atveju vėjo energija panaudojama į sporto klubą tiekiamo oro pašildymui šildymo sezono metu. Vėjo jėgainės generuojama elektros energija transformuojama elektriniame oro šildytuve sujungtame nuosekliai su vandenine vėdinimo įrenginio oro šildymo sekcija, kuri pašildo oro srautą einantį po šilumogrąžos.

2.6.3 Vėjo energijos transformavimo į šilumą sistemos valdymas

Vėjo energijos transformavimo į šilumą sistemą sudaro vėjo turbina -VT, generatorius - G, stabdžiai -S, vėjo greičio matuoklis – A, vėjaračio apskukų matuoklis – TG, šildymo elementas ŠE, varžinės apkrovos reguliatorius – LC, generuojamos energijos paskirstymo valdiklis, jungiamieji elektros laidai, valdymo laidai, vamzdynai jungiantys šaltą vandentiekį, šilumos kaupiklį ir sporto klubo karštąjį vandentiekį.

Vėjo turbina, sukdamas generatorių, vėjo kinetinę energiją paverčia kintamų parametru elektros energija. Valdiklis paskirsto generatoriaus sukuriamą elektros srovę šiluminėms apkrovoms priotetine tvarka, karšto vandens talpos šildymui, vėdinimo įrenginio šildymo kaloriferiui. Pagal karšto vandens talpos temperatūros daviklių R4 ir R5 siunčiamus signalus valdiklis reguliuoja šildymo elemento apkrovimą. Karšto vandens talpai užsikrovus arba šildymo elementui pasiekus savo vardinę galią, apkraunamas oro šildytuvas. Vėjo turbina pasiekus ribinį sukimosi greitį arba neesant apkrovimo valdiklis stabdo turbiną. Varžines apkrovas reguliatorius LC kontroliuoja vėjo turbinos generatoriaus apkrovą priklausomai nuo vėjo greičio taip apsaugodamas generatorių nuo perkaitinimo ir išgaudamas didžiausią galią prie atitinkamo vėjo greičio [10]. Vėjo energijos transformavimo į šilumą sistema pavaizduota (28 pav.)



28 pav. Vėjo generuojamos energijos tiekimo karšto vandens ruošimui ir oro šildymui principinė schema [10,11]

2.6.4 Vėjo generuojamos energijos apskaičiavimas

Siekiant įvertinti vėjo energijos transformavimo į šilumą sistemos galimybes padengti sporto klubo energijos sąnaudas atliekame generuojamos ir suvartojamos energijos skaičiavimus. Įvertiname šilumos poreikį skirtą paruošti reikiamą karšto vandens kiekį paros eigoje, reikiamos galios užtikrinimą orui šildyti priklausomai nuo aplinkos oro temperatūros ir tiekamo oro srauto, įvertiname vėjo energijos transformavimo įrenginių galimą suteikti energijos kiekį naudojant sukauptus statistinius ir fiksuotus vėjo greičio duomenimis meteorologijos stoties ir tiriamojo pastato aplinkoje. Skaičiavimų pasekoje galime nustatyti vėjo jėgainių suminę galią, vėjaračių kiekį, numatyti tikėtiną karšto vandens talpos užkrovimo tūrį. Tiriamojo pastato, Vilniaus mieste, vėjo energijos galybės apkrūpinti sporto klubą palyginamos su didesnius vėjo išteklius turinčiu Klaipėdos regionu.

Skaičiavimams naudojami parametrai:

- Valandiniai Vilniaus meteorologijos stoties vėjo greičio ir temperatūros vidurkių 2013-2015 metų duomenys;
- Valandiniai Klaipėdos meteorologijos stoties vėjo greičio ir temperatūros vidurkių 2013-2015 metų duomenys;
- Tiriamojo pastato aplinkoje fiksuoti 2016 metų spalio-gruodžio mėnesių vėjo greičio ir temperatūros duomenys;
- Suvartojamo karšto vandens intensyvumo grafikas;
- Tiekiamo oro intensyvumo grafikas;
- Vėjo jėgainės parametrai;

Sudarome savaitės grafiką kuriame įvertiname tikėtinu lankytojų srautus, lauko oro tiekimo intensyvumą, suvartoją karšto vandens kiekį.

2 lentelė. Sporto klubo užimtumo grafikas

Savaitės diena	Savaitės diena																							
	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00
Paros valanda																								
Karšto vandens vartojimas l/h	21	21	21	21	21	21	21	21	210	210	420	210	210	210	210	420	630	1680	2940	4200	2100	840	210	21
Oro kiekis m ³ /h	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	50%	50%	50%	50%	50%	50%	100%	100%	100%	100%	100%	50%	50%	30%	30%
Lankytojų kiekis	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	5	5	10	5	5	5	5	10	15	40	70	100	50	20	5	0.5	0.5
Karšto vandens vartojimas l/h	21	21	21	21	21	21	21	21	210	210	420	630	630	630	840	1260	1470	420	210	21	21	21	21	21
Oro kiekis m ³ /h	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	30%	50%	50%	50%	50%	100%	100%	100%	100%	50%	50%	30%	30%	30%	30%	30%
Lankytojų kiekis	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	5	5	10	15	15	15	20	30	35	10	5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

Lankytojų skaičius: 0-100 žm.

k.v kiekis: 1žm. 5 min x 0.14L/s

oro kiekis: 30/50/100%

Energija reikalinga karštam vandeniui pašildyti apskaičiuojamas:

$$E = c \cdot m(T_1 - T_2) \quad (4)$$

Čia:

$C = 4200$ – vandens savitoji šiluma, $J/kg^{\circ}C$;

m - vandens kiekis, kg ;

T_1, T_2 - karšto, šalto vandens temperatūros, $^{\circ}C$;

Šilumos kiekis reikalingas tiekiamam orui sušildyti:

$$Q = \frac{L \cdot c \cdot \rho(t_i - t_l)}{3600} \cdot n \cdot (1 - \eta); \quad (5)$$

Čia:

L - oro kiekis m^3/h

c - savitoji oro šiluma ($c=1,00$ $kJ/kg^{\circ}C$)

ρ - oro tankis kg/m^3 ; (1,2)

t_i – tiekiamo į patalpas oro temperatūra, $^{\circ}C$

t_l – lauko oro temperatūra, $^{\circ}C$

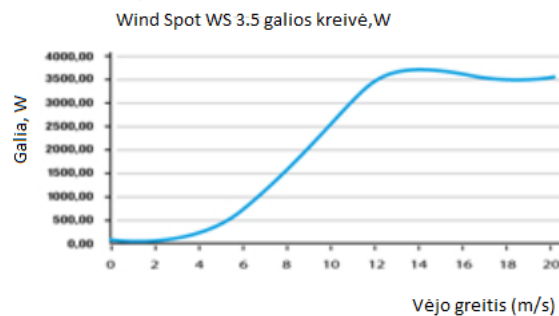
n - valandų skaičius;

η – rekuperatoriaus naudingumo koeficientas;

Vėjo generuojamos energijos skaičiavimas naudojame horizontalios ašies trijų menčių vėjo jėgainės Wind Spot WS 3.5 modelį, kuris generuoti energiją pradeda pučiant 3 m/s vėjo greičiui, ir gali pasiekti 3.5 kW galią vėjo greičiui esant 12 m/s [18].



29 pav. Vėjo jėgainė Windspot 3.5kW



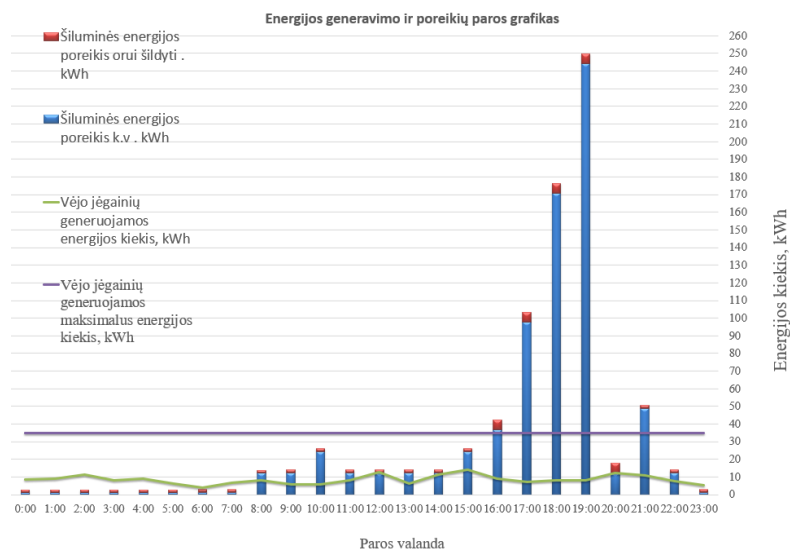
30 pav. Vėjo jėgainė Windspot 3.5kW galios kreivė

Sudarytame sporto klubo užimtumo grafike (2 lentelė) matome, kad energijos vartojimas didžiausias tarp 15 ir 21 valandos. Didžioji dalis energijos sunaudojama karšto vandens ruošimui. Ši sąlyga palanki tuo kad visą parą veikianti jėgainė gali kaupti šilumą, ruošiant karštą vandenį jį sunaudojant sporto klubo lankomiausiu metu. Pasinaudojant matuotomis vėjo greičio reikšmėmis ir išskirdami vieną iš parų, kurioje vėjas siekė didžiausias reikšmes apskaičiuojame kiek vėjo jėgainė gali sugeneruoti energijos. Atsižvelgdami į sporto klubo stogo plotą ir vėjo jėgainių pastatymo galimybes, priimame, kad sistemą bus sudaryta iš 10 jėgainių, visos jos tiriamąją parą galėtų sugeneruoti 204,47 kWh elektros energijos ir tai sudaro 21,1 % paros poreikių. Skaičiavimai pateikti 3 lentelėje.

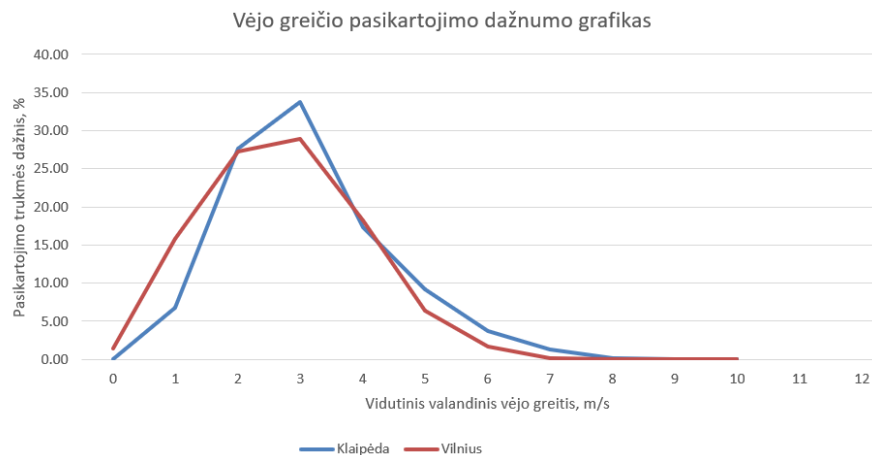
3 lentelė. Šiluminės energijos poreikių skaičiavimai

Paros valanda	0:00	1:00	2:00	3:00	4:00	5:00	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00	21:00	22:00	23:00	Viso:	
Karšto vandens poreikis l/h	21	21	21	21	21	21	21	21	210	210	420	210	210	210	210	420	630	1680	2940	4200	2100	840	210	21	14889.00	
Šiluminės energijos poreikis k.v. kWh	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	1.22	12.21	12.21	24.42	12.21	12.21	12.21	12.21	24.42	36.63	97.69	170.96	244.23	12.21	48.85	12.21	1.22	755.89	
Vėjo energija paruošiamo k.v. kiekis l/h	148	158	195	138	156	108	69	117	136	104	99	143	222	110	192	246	157	122	142	140	2077	184	128	93	5385.899	
Oro kiekis m³/h	1425	1425	1425	1425	1425	1425	1425	1425	1425	2375	2375	2375	2375	2375	2375	2375	4750	4750	4750	4750	4750	2375	2375	1425	59375	
Šiluminės energijos poreikis orui šildyti, kWh	1.59	1.58	1.57	1.57	1.57	1.59	1.61	1.65	1.68	1.78	1.78	1.78	1.79	1.79	1.78	1.76	5.55	5.42	5.45	5.58	5.73	1.81	1.79	1.71	59.91	
Vėjo jėgainių generuojamos energijos kiekis, kWh	10 vnt	8.63	9.2	11.3	8.05	9.08	6.29	4	6.79	7.92	6.04	5.75	8.33	12.92	6.38	11.17	14.33	9.13	7.08	8.25	8.17	12.08	10.7	7.46	5.38	204.47
	1 vnt	0.863	0.920	1.133	0.805	0.908	0.629	0.400	0.679	0.792	0.604	0.575	0.833	1.292	0.638	1.117	1.433	0.913	0.708	0.825	0.817	1.208	1.071	0.746	0.538	20.447

Vėjuotomis dienomis vėjo jėgainės gali paruošti virš 5m³ karšto vandens per parą. Karšto vandens talpai užsikrovus, energija būtų tiekama oro šildymo koloriferiui.



Norit apskaičiuoti kiek vėjo jėgainės pagamins energijos sudaromas metinis vėjo greičio pasikartojimo dažnumo grafikas. (32 pav.)



32 pav. Vėjo greičio pasikartojimo dažnumo grafikas

Vėjo greičių trukmės reikšmes sudauginus su atitinkamomis vėjo jėgainių galios reikšmėmis apskaičiuojame tikėtiną metinį vėjo jėgainių sugeneruojamą elektros kiekį. Matome kad vėjo jėgainės gali padengti 1,87 % Sporto klubo energijos poreikio karštam vandeniui ir tiekiamam orui pašildyti.

4 lentelė. Vėjo jėgainių generuojamas metinis energijos kiekis

Vėjo greitis, m/s	Pasikartojimo trukmės dažnis, %		Vėjo jėgainės galia, kW	Pagamintos energijos kiekis, MWh	
	Vilnius	Klaipėda		Vilnius	Klaipėda
1	2	3	4	5	6
0-3	44.46	34.46	0	0	0
3	28.96	33.76	0.5	1.27	1.48
4	18.22	17.34	2.5	3.99	3.80
5	6.45	9.19	5	2.83	4.03
6	1.70	3.77	7.5	1.12	2.48
7	0.19	1.24	10	0.17	1.09
8	0.01	0.21	15	0.02	0.27
9	0	0.03	20	0	0.06
10	0	0	25	0	0
11	0	0	30	0	0
12<	0	0	35	0	0
Pagamintos energijos kiekis per metus, MWh				9.39	13.20
Energijos poreikis per metus, kWh			Karštam vandeniui ruošti	240.51	240.51
			Orui pašildyti	261.61	239.35
			Viso:	502.12	479.87
Vėjo energija padengiamas poreikis, %				1.87	2.75

3. PROJEKTINĖ DALIS

3.1 Vėdinimo sistemos

Prekybos paskirties patalpoms įrengta vėdinimo sistema rekonstruojama į sporto klubo oro kokybės ir mikroklimato reikalavimus užtikrinančia rekuperacinę oro tiekimo – šalinimo sistemą.

Sporto klubo patalpos padalinamos į tris vėdinimo zonas kurias aptarnauja skirtingi vėdinimo įrenginiai – AHU-1, AHU-2, IŠ-1. AHU-1 yra bendra prekybos centro rekuperacinė vėdinimo sistema kuri tiekia ir šalina didžiąją dalį reikiamo oro pagrindinei sporto klubo salei. AHU-1 sporto klubui tiekiamo/šalinamo oro kiekis +8400/-8400 m³/h. AHU-2 naujai suprojektuota rekuperacinė vėdinimo sistema skirta aptarnauti likusias, visą parą dirbančio sporto klubo patalpas, tiekti ir šalinti pagal poreikį reikiamą papildomą oro kiekį į pagrindinę sporto salę nepriklausomai nuo AHU-1 sistemos darbo režimo, kontroliuoti grupinių užsiėmimų salės vėdinimą „įjungta/išjungta“ režimu, šalinti orą iš dušinių ir persirengimo patalpų.

Oro tiekimo ir šalino ortakynas rekonstruojamas pagal sporto klubo įrengimų išdėstymą, oro paskirstymui numatytos ortakinės grotelės. Naujai suplanuotose dušinių, persirengimų, pagalbinėse patalpose numatyti oro tiekimo ir šalinimo lubiniai oro skirstytuvai. Sistemos tiekiamo/šalinamo oro kiekis- +4750/-4180m³/h. Vėdinimo įrenginį sudaro rotacinis rekuperatorius, EC ventiliatoriai, vandeninis kaloriferis. Kadangi oro paruošimo įrenginys numatomas statyti lauke, projektuojamas šilumnešis su 30% propilenglikolio koncentracijos mišiniu. Tiekimo ir ištraukimo į patalpas pusėje numatomi triukšmo slopintuvai.

Sporto klubo tualetų patalpos yra aptarnaujamos atskiros oro ištraukimo sistemos IŠ-1 su kanaliniu sienoje įmontuojamu ventiliatoriumi.

3.1.1 Projektiniai oro kiekiai

Oro kiekiai projektuojamoms patalpos parinkti pagal STR 2.09.02:2005 „Šildymas, vėdinimas ir oro kondicionavimas“ [12] 1 priedą. Oro kiekio projektinės reikšmės ir parinkti oro kiekiai esamose rekonstruojamose prekybos paskirties patalpose pateikiami 5 lentelėje. Oro kiekio projektinės reikšmės ir parinkti oro kiekiai sporto klubo patalpoms pateikiami 6 lentelėje.

5 lentelė. Projektiniai esamų patalpų oro parametrai

Patalpos Nr.	Patalpos paskirtis	Patalpos plotas, m ²	Norminis tiekiamo oro kiekis	Norminis šalinamo oro kiekis	Norminis tiekiamo oro kiekis, m ³ /h	Norminis šalinamo oro kiekis, m ³ /h	Projektinis tiekiamo oro kiekis, m ³ /h	Projektinis šalinamo oro kiekis, m ³ /h
01	Prekybos salė	1124.97	7.2/m ²	-	8100	-	8100	8100
02	Sandelys	60.84	1.3 /m ²	1.3 /m ²	79	79	-	190
03	Darbuotojų poilsio patalpa	19.12	36/žm.	-	216	-	220	-
04	Administracinė patalpa	7.42	36/žm.	-	72	-	75	-
05	Tualetas	1.80	-	108/unitazui	-	108	-	108
06	Valytojų patalpa	1.80	-	14,4 /m ²	-	26	-	-
	Bendras plotas	1215.95			Σ 8467	213	8395	8398

6 lentelė. Projektiniai rekonstruotų patalpų oro parametrai

Patalpos Nr.	Patalpos paskirtis	Patalpos plotas, m ²	Norminis tiekiamo oro kiekis	Norminis šalinamo oro kiekis	Norminis tiekiamo oro kiekis, m ³ /h	Norminis šalinamo oro kiekis, m ³ /h	Projektinis tiekiamo oro kiekis, m ³ /h	Projektinis šalinamo oro kiekis, m ³ /h	Aptarnaujantis įrenginys
01	Treniruoklių salė	736.25	10.8/m ²	-	7952	-	7950	7850	AHU-1/AHU-2
02	Laisvų svorių treniruolių salė	126.75	10.8/m ²	-	1369	-	1350	1300	AHU-1/AHU-2
03	Grupinių treniruolių salė	137.10	10.8/m ²	-	1481	-	1500	1500	AHU-2
04	Vyrų persirengimo patalpa	72.94	22/žm.	-	880	-	1030	-	AHU-2
05	Vyrų dušai	14.35	-	72 / dušui	-	720	-	870	AHU-2
06	Vyrų tualetai	6.74	-	108/unitazui ir pisuarui	-	324	-	325	IŠ-1
07	Vyrų prausykla	8.22	10.80	18/m ²	89	148	165	-	AHU-2
08	Moterų persirengimo patalpa	60.84	22/žm.	-	880	-	930	-	AHU-2
09	Moterų dušai	14.35	-	72 / dušui	-	720	-	860	AHU-2
10	Moterų tualetai	2.87	-	108/unitazui	-	216	-	220	IŠ-1
11	Moterų prausykla	7.42	10.8/m ²	18/m ²	80	134	150	-	AHU-2
12	Trenerių poilsio patalpa	19.12	36/žm.	-	72	-	72	72	AHU-2
13	Sandeliukas	3.25	-	14,4 /m ²	-	47	-	60	AHU-2
14	Valytojų patalpa	5.75	-	14,4 /m ²	-	83	-	60	AHU-2
	Bendras plotas	1215.95			Σ 12802	2391	13147	13117	AHU-2

7 lentelė. Vėdinimo sistemų tiekiami oro kiekiai

AHU-1 tiekiamas:	8400 m ³ / h
šalinamas:	8400 m ³ / h
AHU-1 tiekiamas:	4747 m ³ / h
šalinamas:	4172 m ³ / h
IŠ-1 šalinamas:	545 m ³ / h

3.1.2 Vėdinimo sistemos aerodinaminiai skaičiavimai

Ortakio tinklas sistemoje projektuojamas taip kad į patalpas tiekų projekcinį oro kiekį, nekeldamas triukšmo ortakiuose, oro skirstytuvuose, vėdinimo įrenginys vartotų kuo mažiau energijos. Optimaliam ortakijų skersmenų parinkimui atliekami aerodinaminiai sistemos skaičiavimai kurie pateikiami lentelėje. Slėgio nuostoliams ortakiuose ir fasoninėse dalyse nustatyti naudojamos gamintojų pateikiamos slėgio nuostolių diagramos.

Skaičiavimai atliekami tiekiamam ir šalinam ortakijų tinklui skaičiuojant tolimiausio oro skirstytuvo nutolusio nuo vėdinimo įrenginio ruožo slėgio nuostolius. Nustatomas gretimų atšakų slėgio nuostolių nesąryšis, atšakoms parenkamos reguliavimo sklendės.

8 lentelė. AHU-2 tiekimo sistemos aerodinaminiai skaičiavimai

Ruožo Nr.	Debitas , m ³ /h	Ilgis, m	Ortakio skersmuo d, mm	Oro greitis, m/s	Trinties nuostoliai R, Pa/m'	Ruožo slėgio nuostoliai dėl trinties R _{xl} , Pa	Ruožo slėgio nuostoliai dėl vietinių kliūčių Z, Pa	R _{xl} +Z, Pa	Pastabos
AHU-2 vėdinimo sistemo oro tiekimo ruožas: Grupinių užsiėmimo salės gr. 425x125- vėdinimo įrenginys									
1	375	3.00	250	2.50	0.90	2.70	11.00	13.70	Grot. (11 Pa)
2	750	20.00	250	4.10	2.50	50.00	21.00	71.00	Tr.(1 Pa), Per. (20pa)
3	1500	0.50	400	3.20	1.40	0.70	4.50	5.20	Tr. (4Pa), Tr. (0.5 Pa)
4	2400	7.20	500	3.50	1.30	9.36	11.30	20.66	Tr.(0.5 Pa) Pr. (10 Pa),2xAlk.(0,8)
5	4747	5.60	630	4.50	1.50	8.40	3.00	11.40	Tr.(0.5 Pa) 2xAlk.(01.2)
Σ								121.96	-
AHU-2 vėdinimo sistemos atšaka į rūbines. Tolimiausias taškas - vyrų rūb. gr. 425x125									
5.1	340	5.00	250	2.40	0.90	4.50	9.00	13.50	Gr. (9 Pa)
5.2	505	0.70	250	3.00	1.50	1.05	2.00	3.05	Tr.(1,5 Pa) ,Tr. (0,5 Pa)
5.3	845	4.50	250	4.50	3.00	13.50	4.00	17.50	T(1,5 Pa) Alk. (2,5 Pa)
5.4	920	2.20	250	5.00	3.50	7.70	11.00	18.70	Tr.(1,0 Pa) Per. (10Pa)
5.5	1267	0.60	315	4.00	2.50	1.50	0.80	2.30	Tr. (0,8)
5.6	1420	2.60	315	5.00	3.00	7.80	21.00	28.80	Tr. (0.8 Pa) , 2 x Alk. (2,6 Pa) Pr. (15 Pa)
5.7	2347	0.50	400	5.00	3.00	1.50	17.00	18.50	Tr. (17 Pa)

Σ 102.35

Slėgio nuostolių susidarančių AHU-2 tiekimo sistemos ortakijų tinkle skaičiavimai pateikiami 8 lentelėje. Apsakičiuojame magistralinio ruožo ir pirmos atšakos nesąryšį, sistemos suderinimui. Magistralės ne bendrų ruožų nuostoliai 110,56 Pa, atšakos ne bendrų ruožų nuostoliai 102,35 Pa.

$$\frac{110,56 - 102,35}{110,56} \cdot 100\% = 7,43 \%$$

Tarp magistralės ir atšakos apskaičiuotas 7,43 % nesąryšis, todėl atšakai į patalpą reikia sudaryti $110,56 - 102,35 = 8,21$ Pa papildomų slėgio nuostolių įrengiant reguliavimo sklendę. Laikoma kad leistinas nesąryšis yra 15% todėl sąryšis tarp jų toleruojamas, tačiau sklendė numatoma, dėl galimybės tiksliai suderinti sistemą. Analogiškai numatomos sklendės kitoms atšakoms siekiant tinkamai subalansuoti oro srautus.

9 lentelė. AHU-2 tiekimo sistemos aerodinaminiai skaičiavimai

Ruožo Nr.	Debitas, m^3/h	Ilgis, m	Ortakio skersmuo d, mm	Oro greitis, m/s	Trinties nuostoliai R, Pa/m'	Ruožo slėgio nuostoliai dėl trinties R_{xl} , Pa	Ruožo slėgio nuostoliai dėl vietinių kliūčių Z, Pa	$R_{xl}+Z$, Pa	Pastabos
AHU-2 vėdinimo sistemos ištraukimo ruožas: Sporto salė- įrenginys									
1	1125	2.00	250	5.10	3.20	6.40	8.00	14.40	Gr. (8 Pa)
2	1257	11.50	250	5.50	4.50	51.75	7.80	59.55	Tr. (0.8 Pa), Alk. (5 Pa) , Pr. (2 Pa)
3	2382	1.00	630	2.50	0.60	0.60	3.00	3.60	Tr. (3 Pa)
4	4172	3.00	630	4.20	1.10	3.30	3.00	6.30	2xAl(1.5)
Σ								83.85	-
Atšaka į grupinių užsiėmimų salę									
4.1	1250	15.20	250	5.10	3.20	48.64	16.00	64.64	Gr. (10 Pa), 2x Al. 45(6Pa)
4.2	2500	11.50	400	5.00	3.00	34.50	13.50	48.00	Tr (4 Pa), Al.90(2.5 Pa), 2x Al. 45(4 Pa) Tr. (3 Pa)
Σ								112.64	

3.1.3 Vėdinimo įrangos parinkimas

Pagal apskaičiuotą oro kiekį ir sistemos aerodinaminį pasipriešinimą rekonstruojamai vėdinimo sistemai parinktas vėdinimo įrenginys iš „UAB Amalva“ vėdinimo įrenginių Verso R serijos su rotaciniu šilumokaičiu. Parinkimui naudojama gamintojo pateikiama kompiuterinė vėdinimo įrenginių parinkimo programa [13]. Programa parenka reikiamo galingumo EC tipo ventiliatorius, šilumokaitį- rotorių, vandeninį šilumokaitį, filtrus, uždarymo sklendes su pavaromis.[priedas nr.3]

Oro tiekimo skirstytuvai parenkami naudojantis gamintojo “Systemair, vėdinimo įrangos parinkimo programa, “Lindab” , “Amalva” techniniais katalogais.Vėdinimo sistemoje numatyti Konika, KSU, KIR, oro skirstytuvai, ortakinės grotelės RGS, sieninės grotelės Nova-A. Aprašymai pateikiami prieduose.

Sistemos subalansavimui naudojamos gamintojo „UAB Amalva“ rankinio reguliavimo sklendės AGUJ-R, motorizuotos sklendės AGUJ-M. Grupinių užsiėmimų salės srauto kontroliavimui, gamintojo „Swegon” *React* tipo sklendė oro kiekio reguliavimui priklausomai nuo iš dušuose išsiskiriančio drėgmės kiekio. [Priedas 2]

Ortakių tinklui konstruoti naudojamos gamintojo „UAB Amalva“ fasoninės dalys ir ortakiai.

3.1.4 Vėdinimo sistemos valdymas

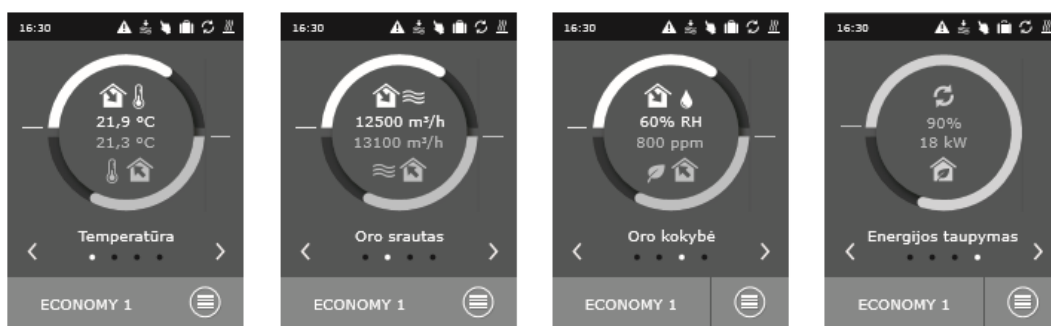
AHU-1 prekybos centro vėdinimo sistema valdoma palaikant pastovius užduotus tiekiamo ir šalinamo oro srauto parametrus prekybos centro darbo metu nuo 8 – 22 val. Nedarbo metu tiekiamo lauko oras sumažinamas iki 30 proc. Šios sistemos atšaka į sporto klubą tiekia ir šalina 8400 m³/h oro.

AHU-2 atskira sporto klubo vėdinimo sistema pilnai valdoma vėdinimo įrenginio automatikos. Įrenginys tiekia ir šalina orą į pagrindinę salę, rūbines, dušus, pagalbines patalpas, pagal nustatytus parametrus valdiklyje.

Grupinių užsiėmimų salės užimtumas yra nepastovus ir cikliškas priklausomai nuo suplanuotų treniruočių grafiko, todėl šioje salėje numatytas vėdinimo kontroliavimas uždaro sklendžių pagalba, jos įjungiamos/išjungiamos jungikliu salėje.

Atšaka ištraukianti orą iš dušų reguliuojama motorizuotos sklendės valdomos drėgmės jutiklio.

Įrenginio valdiklis, kuris sumontuotas administracijos patalpoje, suteikia galimybę stebėti esamus tiekiamo ir šalinimo oro parametrus, sunaudojamą ir regeneruojamą energijos kiekį, stebėti ir valdyti įrenginio veikimą nuotoliniu būtu per interneto sąsają, sudaryti ir užprogramuoti vėdinimo įrenginio veikimą pagal sporto klubo lankytojų srautus.



33.pav. AHU-2 vėdinimo sistemos valdiklio parametrai

Įrenginio automatika pagal gamykliškai užprogramuotus algoritmus valdo vandeninio kaloriferio šildymo mazgo cirkuliacinio siurblio, trieigio vožtuvo veikimą priklausomai nuo esamo šilumos poreikio.

3.1 Vandentiekis ir nuotekos

Šaltas vanduo prekybos centrui tiekiamas centralizuotais miesto vandentiekio tinklais. Vanduo iš pastato vandens įvado ir šilumos punkto į sporto klubo techninę patalpą tiekiamas suformuotu magistraliniu vamzdynu sukonstruotu iš PPR vamzdžių. Sporto klubo patalpose vandentiekis konstruojamas iš PEX-AL-PE tipo daugiasluoksnių plastikinių vamzdžių. Pastato šilumos punkte šaltas vanduo pašildomas esančiu momentiniu šilumokaičiu iki 55°C temperatūros. Šilumos nuostoliams karšto vamzdynuose kompensuoti įrengta vandens recirkuliacijos linija su cirkuliaciniu siurbliu. Nuotekos iš sanitarinių prietaisų šalinamos PVC vamzdžiais, kurie montuojami grindų ir pertvarų konstrukcijose.

Sporto klubui suprojektuotos dušų , prausyklų, tualetų, pagalbinės patalpos. Moterų rūbinėse numatyti 10 dušų, 2 išpuodžiai, 3 praustuvai. Vyrų rūbinėse numatyta 10 dušų, 2 pisuarai, 1 išpuodis, 3 praustuvai. Valytojų ir trenerių patalpose numatyta po praustuva su momentiniu tūriniu vandens šildytuvu ir nuotekų pakėlimo siurbliu. Sporto klube numatomas lankytojų skaičius $U=100$ žmonės. Patalpose suprojektuota 33 sanitariniai prietaisai. Šalto vandens čiaupų skaičius $N_s = 33$, karšto vandens čiaupų skaičius patalpose $N_k = 26$, bedroje karšto vandens sistemoje ,dviems čiaupams vanduo ruošiamas tūriniame šildytuve.

3.2.1. Vandens poreikis

Skaičiavimai atliekami naudojantis vandens RNS 26-90 „Vandens vartojimo normos”, 6 lentelė [14] , sporto salėms. Šalto ir karšto vandens suvartojimo normos:

Paros suvartojimas:

$q_{vid}^{sum} = 50$ [l/h] - suminė suvartojimo norma vidutinio vartojimo parą;

$q_{vid}^s = 20$ [l/h] - šalto vandens suvartojimo norma vidutinio vartojimo parą;

$q_{vid}^k = 30$ [l/h] - karšto vandens suvartojimo norma vidutinio vartojimo parą;

$q_{max}^{sum} = 50$ [l/h] - suminė suvartojimo norma didžiausio vartojimo parą;

$q_{max}^s = 20$ [l/h] - šalto vandens suvartojimo norma didžiausio vartojimo parą;

$q_{max}^k = 30$ [l/h] - karšto vandens suvartojimo norma didžiausio vartojimo parą;

Valandinis suvartojimas:

$q_{h,max}^{sum} = 4.5$ [l/h] - suminė suvartojimo norma didžiausio vartojimo parą;

$q_{h,max}^{\dot{s}} = 2.0$ [l/h] - šalto vandens suvartojimo norma didžiausio vartojimo valandą;

$q_{h,max}^k = 2.5$ [l/h] - karšto vandens suvartojimo norma didžiausio vartojimo valandą;

Sanitarinio prietaiso debitas:

$q_{h,pt}^{sum} = 80$ - čiaupo norminis suminis valandos debitas;

$q_{h,pt}^{\dot{s}} = 50$ - čiaupo šalto vandens norminis valandos debitas;

$q_{h,pt}^k = 50$ - čiaupo karšto vandens norminis valandos debitas;

Sanitarinių prietaisų ir vandens ėmimo čiaupų sekundiniai debitai parenkami pagal STR2.07.01:2003 1 priedo [15] 3.2 lentelę.

10 lentelė. Prietaisų vandens debitai

Sanitarinis prietaisas, vandens ėmimo čiaupas	Sekundinis vandens debitas, l/s			Valandinis vandens debitas, l/s			San. prietaiso nuotekų debitas, l/s, q_{pt}^{sum}
	q_{pt}^{sum}	$q_{pt}^{\dot{s}}$	q_{pt}^k	$q_{h,pt}^{sum}$	$q_{h,pt}^{\dot{s}}$	$q_{h,pt}^k$	
Praustuvas su maišomuoju čiaupu	0,12	0,09	0,09	60	40	40	0,15
Grupinis dušas su maišomuoju čiaupu	0,2	0,14	0,14	500	270	230	0,2
Išpuodis su plovimo bakeliu	0,1	0,1	-	83	83	-	1,6
Pisuaras su pusiau automatiniu plovimo čiaupu	0,2	0,2	-	36	36	-	0,2

Vandens ėmimo čiaupų veikimo tikimybė nustatoma:

$$P = \frac{q_{h,max}^k \cdot U}{3600 \cdot q_{pt}^k \cdot N} \quad (6)$$

Čia: $q_{h,max}$ - maksimalus valandinis vandens debitas;
 q_{pt} - vandenį vartojančio prietaiso didžiausias debitas;
 N - prietaisų skaičius;
 U – vartotojų skaičius.

Karšto ir šalto ir suminis vandens čiaupų veikimo tikimybės P (P^{sum} , P^s , P^k) apskaičiuojamos:

$$P^{sum} = \frac{q_{h,max}^{sum} \cdot U}{3600 \cdot q_{pt}^{sum} \cdot N^{sum}} = \frac{4.5 \cdot 100}{3600 \cdot 0,2 \cdot 61} = 0,01$$

$$P^s = \frac{q_{h,max}^s \cdot U}{3600 \cdot q_{pt}^s \cdot N^s} = \frac{2,0 \cdot 100}{3600 \cdot 0,2 \cdot 33} = 0,009$$

$$P^k = \frac{q_{h,max}^k \cdot U}{3600 \cdot q_{pt}^k \cdot N^k} = \frac{2.5 \cdot 100}{3600 \cdot 0,14 \cdot 26} = 0,019$$

Didžiausias šalto, karšto arba suminis sekundinis vandens debitas apskaičiuojamas:

$$q_{max} = 5 \cdot q_{pt} \cdot \alpha \text{ l/s}; \quad (7)$$

Čia: q_{pt} – pastato būdingo čiaupo norminis suvartojimas, l/s;
 α - nustatomas pagal vandens imtuvų skaičių N ir jų panaudojimo tikimybę P ;

$$N^{sum} \cdot P^{sum} = 61 \cdot 0,01 = 0,61$$

$$N^s \cdot P^s = 33 \cdot 0,009 = 0,297$$

$$N^k \cdot P^k = 26 \cdot 0,019 = 0,494$$

Pagal NP sandaugą parenkamas α koeficientas iš STR 2.07.01:2003 1 priedo 3.3 lentelės:

$$\alpha^{sum} = 0.746$$

$$\alpha^s = 0.530$$

$$\alpha^k = 0.675$$

Maksimalūs suminiai, šalto ir karšto vandens suvartojimo sekundiniai debitai:

$$q_{s.\max}^{sum} = 5 \cdot q_{pt}^{sum} \cdot \alpha^{sum} = 5 \cdot 0.2 \cdot 0,746 = 0,746 \text{ l/s}$$

$$q_{s.\max}^{\dot{s}} = 5 \cdot q_{pt}^{\dot{s}} \cdot \alpha^{\dot{s}} = 5 \cdot 0.2 \cdot 0,530 = 0.530 \text{ l/s}$$

$$q_{s.\max}^k = 5 \cdot q_{pt}^k \cdot \alpha^k = 5 \cdot 0.14 \cdot 0,675 = 0.473 \text{ l/s}$$

Didžiausias šalto, karšto arba suminis valandos vandens debitas nustatomas:

$$q_h = 0,005 \cdot q_{h,pt} \cdot \alpha_h \text{ m}^3/\text{h}; \quad (8)$$

Čia: q_{pt} – vandens ėmimo čiaupo valandinis debitas, l/h;

α_h – nustatomas pagal vandens imtuvų skaičių N ir jų panaudojimo tikimybę P_h ;

Vandentiekio sistemos vandens imtuvų panaudojimo valandos tikimybė nustatoma:

$$P_h = \frac{3600 \cdot P \cdot q_{pt}}{q_{h,pt}} \quad (9)$$

Čia $q_{h,pt}$ – vandens ėmimo čiaupo valandos debitas, l/h;

q_{pt} – būdingojo čiaupo norminis debitas, l/h;

P – vandens čiaupo veikimo tikimybė.

Vandens imtuvų panaudojimo tikimybė:

$$P_h^{sum} = \frac{3600 \cdot 0,01 \cdot 0,2}{80} = 0,09$$

$$P_h^{\dot{s}} = \frac{3600 \cdot 0,009 \cdot 0,14}{50} = 0,09$$

$$P_h^k = \frac{3600 \cdot 0,019 \cdot 0,14}{50} = 0,19$$

NP_h sandauga ir α_h reikšmės:

$$N^{sum} \cdot P^{sum} = 61 \cdot 0,09 = 5,49$$

$$N^{\dot{s}} \cdot P^{\dot{s}} = 33 \cdot 0,09 = 2,97$$

$$N^k \cdot P^k = 26 \cdot 0,19 = 4,94$$

$$\alpha_h^{sum} = 2,722$$

$$\alpha_h^{\dot{s}} = 1,835$$

$$\alpha_h^k = 2,541$$

Maksimalūs suminiai, šalto ir karšto vandens suvartojimo valandiniai debitai:

$$q_{h,\max}^{sum} = 0,005 \cdot q_{h,pt}^{sum} \cdot \alpha_h^{sum} = 0,005 \cdot 80 \cdot 2,722 = 1,09 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$q_{h,\max}^{\check{s}} = 0,005 \cdot q_{h,pt}^{\check{s}} \cdot \alpha_h^{\check{s}} = 0,005 \cdot 50 \cdot 1,835 = 0,46 \text{ m}^3/\text{h}$$

$$q_{h,\max}^k = 0,005 \cdot q_{h,pt}^k \cdot \alpha_h^k = 0,005 \cdot 50 \cdot 2,541 = 0,64 \text{ m}^3/\text{h}$$

Vidutinis sunaudojamas vandens debitas per valandą apskaičiuojamas atsižvelgiant į vandens vartojimo periodą:

$$q_{h,vid}^{sum} = \frac{q_{\max}^{sum} \cdot U}{1000 \cdot T} = \frac{50 \cdot 100}{1000 \cdot 24} = 0,21 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$q_{h,vid}^{\check{s}} = \frac{q_{\max}^{\check{s}} \cdot U}{1000 \cdot T} = \frac{20 \cdot 100}{1000 \cdot 24} = 0,08 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$q_{h,vid}^k = \frac{q_{\max}^k \cdot U}{1000 \cdot T} = \frac{30 \cdot 100}{1000 \cdot 24} = 0,125 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Čia: T – laiko periodas. (Priimamas periodas - 24 valandų)

Vidutiniai paros debitai:

$$q_{h,vid}^{sum} = \frac{q_{\max}^{sum} \cdot U}{1000} = \frac{50 \cdot 100}{1000} = 5 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$q_{h,vid}^{\check{s}} = \frac{q_{\max}^{\check{s}} \cdot U}{1000} = \frac{20 \cdot 100}{1000} = 2 \text{ m}^3 / \text{h}$$

$$q_{h,vid}^k = \frac{q_{\max}^k \cdot U}{1000} = \frac{30 \cdot 100}{1000} = 3 \text{ m}^3 / \text{h}$$

Šalto, karšto ir suminio vandens poreikis per metus:

$$q_m^{sum} = \frac{q_{vid}^{sum} \cdot U \cdot T}{1000} = \frac{50 \cdot 100 \cdot 365}{1000} = 1825 \text{ m}^3 / \text{metus}$$

$$q_m^{\check{s}} = \frac{q_{vid}^{\check{s}} \cdot U \cdot T}{1000} = \frac{20 \cdot 100 \cdot 365}{1000} = 730 \text{ m}^3 / \text{metus}$$

$$q_m^k = \frac{q_{vid}^k \cdot U \cdot T}{1000} = \frac{30 \cdot 24 \cdot 365}{1000} = 1095 \text{ m}^3 / \text{metus}$$

3.2.2 Hidraulinis šalto vandentiekio skaičiavimas

Atliekant hidraulinį skaičiavimą randami skaičiuojamieji debitai, parenkami vamzdžių skersmenys ir apskaičiuojami hidrauliniai nuostoliai. Prietaisų veikimo tikimybė P yra pastovi visuose ruožuose, o prietaisų veikimo sutapimo tikimybė α priklauso nuo prijungtų čiaupų skaičiaus. Pagal sandaugą NP (STR 2.07.01:2003 1priedo 3.3 lentelė) randamos α reikšmės. Nepatogiausiu skaičiuojamuoju čiaupu pasirenkamas toliausiai nuo sporto klubo vandens įvado prijungtas šalto vandens čiaupas, esantis moterų dušinėje.

Slėgio nuostoliai:

$$\Sigma H_l = i \cdot l \cdot (l + k_v) \quad (10)$$

Čia:

i – slėgio nuostoliai dėl trinties vamzdyje, kurio ilgis 1 m, Pa/m;

l – vamzdyno ilgis, m;

k_v – nuostoliai įvertinantys vietinius nuostoliai (stovose-0,1 , skirstomosiose ir grįžtamosiose magistralėse $k_v = 0,2$, šiluminių punktų vamzdynuose $k_v = 0,5$)

Skaičiavimai ruožuose pateikiami 11 lentelėje, slėgio nuostoliams apskaičiuoti pagal PE-Xc/AL/PE tipo vamzdžių specifikacijas. [16]

11 lentelė. Karšto vandentiekio hidraulinių nuostolių skaičiavimas

Ruožas	$q_{pš}$, l/s	N, vnt	P^s	NP^s	α	$q_{s,max}^s$, l/s	d, mm	l, m	v, m/s	mbar [x]	i, mm.v.st/m	kv	H_s , m.v.st
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1 - 2.	0.2	1	0.009	0.0090	0.200	0.200	16x2,0	1.30	1.81	37.40	381.38	0.20	0.595
2 - 3.	0.2	2	0.009	0.0180	0.210	0.210	20x2,25	0.80	1.15	12.05	122.88	0.20	0.118
3 - 4.	0.2	3	0.009	0.0270	0.230	0.230	20x2,25	0.80	1.21	12.89	131.45	0.20	0.126
4 - 5.	0.2	4	0.009	0.0360	0.249	0.249	20x2,25	0.80	1.30	15.31	156.12	0.20	0.150
5 - 6.	0.2	5	0.009	0.0450	0.265	0.265	25x2,5	0.80	0.81	4.90	49.47	0.20	0.047
6 - 7.	0.2	8	0.009	0.0720	0.307	0.307	25x2,5	1.20	0.99	6.50	66.28	0.20	0.095
7 - 8.	0.2	13	0.009	0.1170	0.364	0.364	25x2,5	3.80	8.46	1.14	11.63	0.20	0.053
8 - 9.	0.2	17	0.009	0.1530	0.402	0.402	25x2,5	1.30	1.30	10.50	107.07	0.20	0.167
9-10.	0.2	33	0.009	0.2970	0.533	0.533	32x3,0	2.00	0.98	4.86	49.56	0.20	0.119
													1.471

3.2.3 Karšto vandentiekio hidrauliniai skaičiavimai

Karšto vandentiekio debitų skaičiavimai ir diametrų parinkimai atliekami analogiškai šalto vandentiekio hidrauliniams skaičiavimams. Nepatogiausiu skaičiuojamuoju čiaupu pasirenkamas karšto vandens čiaupas, esantis vyrų dušinėje. Skaičiavimai ruožuose pateikiami 12 lentelėje.

12 lentelė. Karšto vandentiekio hidraulinių nuostolių skaičiavimas

Ruožas	q_{pt}^k , l/s	N, vnt	P^k	NP^k	α	$q_{s,max}^k$, l/s	d, mm	l, m	v, m/s	mbar [x]	i, mm.v.st/m	kv	H, m.v.st
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1 - 2.	0.14	1	0.019	0.0190	0.212	0.148	16x2,0	1.30	1.35	22.00	224.34	0.20	0.350
2 - 3.	0.14	2	0.019	0.0380	0.252	0.176	20x2,25	0.80	0.91	8.50	86.68	0.20	0.083
3 - 4.	0.14	3	0.019	0.0570	0.285	0.200	20x2,25	0.80	1.10	11.10	113.19	0.20	0.109
4 - 5.	0.14	4	0.019	0.0760	0.312	0.218	20x2,25	0.80	1.21	13.45	137.16	0.20	0.132
5 - 6.	0.14	5	0.019	0.0950	0.337	0.236	20x2,25	0.80	1.24	14.05	143.27	0.20	0.138
6 - 7.	0.14	8	0.019	0.1520	0.401	0.281	25x2,5	1.20	0.85	5.20	51.19	0.20	0.074
7 - 8.	0.14	13	0.019	0.2470	0.487	0.341	25x2,5	5.40	1.00	8.10	82.60	0.20	0.535
8 - 9.	0.14	26	0.019	0.4940	0.674	0.472	32x3,0	2.00	0.90	4.02	40.99	0.20	0.098
													1.518

3.2.4 Karšto vandens ruošimas

Prekybos centre karštas vanduo ruošiamas centralizuotai, momentiniame šilumokaityje, naudojant šilumos tinklą šilumą. Sporto klubui numatomos šalto, karšto, ir recirkuliacinio vandens tiekimo atšakos. Tam, kad nustatyti šiluminę galią reikimą karšto vandens ruošimui, atliekami skaičiavimai:

$$Q_{vid} = 1.16 \cdot q_{h,max}^k \cdot (55 - t^s)(1 + k_{s,n}) = 1,16 \cdot 0,46 (55-5)(1+0.1) = 29.35 \text{ kW} ;$$

Čia: $q_{kh,vid}$ – didžiausio vartojimo valandos debitas, m³/h;

t^s – šalto vandens temperatūra, °C;

$k_{s,n}$ – šilumos nuostolių karštajame vandenyje koeficientas, 0,1;

Lygiagrečiai centrinio vandens tinklo numatoma karšto vandens tiekimo alternatyva ruošiant karštą vandenį tūrinėje talpoje naudojant elektros energiją generuojama vėjo jėgainių. Tam, kad nustatyti kiek vidutinės šiluminės galios reikės karšto vandens ruošimui tūrinėje talpoje, atliekami skaičiavimai:

$$Q_{vid} = 1.16 \cdot q_{h,vid}^k \cdot (55 - t^s)(1 + k_{s,n}) = 1,16 \cdot 0,125 (55-8)(1+0.1) = 7.96 \text{ kW} ;$$

Čia: $q_{kh,vid}$ – vidutinio vartojimo valandos debitas, m³/h;

t^s – šalto vandens temperatūra, °C;

$k_{s,n}$ – šilumos nuostolių karštajame vandenyje koeficientas, 0,1;

Šildymo įrenginio tūris nustatomas :

$$V = \frac{\varphi \cdot t \cdot Q_{vid}}{1.16(55 - t^s)} = \frac{0.5 \cdot 24 \cdot 7.5}{1.16(55 - 5)} = 0.931 \text{ m}^3$$

Čia: φ – pataisos koeficientas, kurio reikšmė priklauso nuo karšto vandens tiekimo bei naudojimo netolygumo;

t – karšto vandens naudojimo trukmė, h;

3.2.5 Karšto vandens sistemos valdymas

Prekybos centre karštas vanduo ruošiamas centralizuotai šilumos punkte. Šilumos punktas sudarytas iš trijų kontūrų skirtų šilumą tiekti šildymo, vėdinimo įrenginių ir karšto vandens sistemoms, konturai prie šilumos tinklų prijungti pagal nepriklausomo jungimo schema.

Karšto vandens ruošimas vykdomas per plokštelinį šilumokaitį, temperatūra palaikoma recikuliacinės linijos pagalba. Šilumos punkto valdymas pilnai automatizuotas. Elektros energija valdymui tiekama iš elektros skydinės, visi valdymo įrenginiai sumontuoti valdymo skyde. Valdymo skydą sudaro valdiklis *Rubisafe P01*, įvado elektros tiekimo jungiklis su automatiniu saugikliu, įvado jungiklio indikatorius, termofikato karštam vandeniui regulatoriaus elektrinės pavaros maitinimo jungiklis su automatiniu saugikliu, termofikato šildymui regulatoriaus el. pavaros maitinimo jungiklis su automatiniu saugikliu, karšto vandens cirkuliacinės linijos regulatoriaus el. pavaros maitinimo jungiklis su automatiniu saugikliu.

Karšto vandens sistemos valdymas atliekamas valdiklio *Rubisafe P01* pagalba, pagal gamykliškai nustatytos tiekiamos temperatūros nustatymus ir leistinus temperatūros nukrypimus.

Valdiklis pagal gaunamus karšto vandens tiekiamo srauto temperatūros jutiklio (R2) , šilumos tinklų termofikato grįžtamo srauto temperatūros jutiklio (R3) signalus, reguliuoja šilumos tinklų tiekiamo termofikato srauto į karšto vandens šilumokaitį per dvieigį vožtuvą, valdomą el. pavaros , taip pat valdo recirkuliacinės linijos dvieigio vožtuvo el. pavarą . Valdiklis taip pat įjungia ir išjungia pastovaus srauto cirkuliacinį siurblių.

Tūrinės talpos karšto vandens ruošimą reguliuoja nepriklausomas valdiklis. Tūrinėje talpoje esantys davikliai (R4), (R5) matuoja talpos temperatūrą, atitinkamai apatinėje ir viršutinėje dalyje. Karšto vandens trasa iš šilumos punkto, atvamzdis iš tūrinės talpos viršaus ir sporto klubo karšto vandens trasa sujungiamos per trieigį ventilių su el. pavara. Valdiklis laiko trieigį vožtuvą sujungtą su tūrine talpa kol talpos viršuje esantis daviklis (R5) fiksuoja temperatūrą aukštesnę už 50 °C, kitu atveju sujungia su atvamzdžiu iš šilumos punkto. Temperatūros davikliui (R4) užfiksavus 55 °C temperatūrą, talpos kaitinimo elementui nutraukiamas elektros maitinimas. Valdiklis profilaktiškai įjungia elektros srovę iš tinklo, įkaitinti vandenį iki 70 °C dėl higienos reikalavimų. Kad išvengti nusiplikimo atvamzdis iš talpos su sporto klubo karšto vandens trasa jungiamas per greitaeigį pamaišimo vožtuvą kuris palaiko 55°C temperatūrą.

4. Ekonominė dalis

Ekonominis vertinimas atliekamas suprojektuotai vėjo energijos transformavimo į šilumą sistemai, kuri vėjo jėgainių generuojamą elektros energiją naudoja karštam vandeniui ruošti ir tiekiamam orui pašildyti vėdinimo sistemoje AHU-2. Ekonominių skaičiavimų tikslas nustatyti ar investicijos į vėjo energijos transformavimo įrenginius, kurie taupo centrinių šilumos tinklų tiekiamą energiją atsiperka, kiek tai trunka.

Priimama šilumos kaina iš CŠT- 0,051 EUR/kWh (UAB "Vilniaus šilumos tinklai", 2017), 0,053 Eur/kWh (AB "Klaipėdos energija", 2017) Priimama, kad energijos kainos išliks tokios pačios visa vėjo jėgainių tarnavimo laiką. Išlaidos apskaičiuojamos vertinant rinkoje esančių tiekėjų siūlomų gaminių kainas (11, 19). Remiantis gamintojų techniniais aprašymais priimame, kad jėgainės tarnavimo laikas 20 metų. Skaičiavimuose pateiktuose 13 lentelėje nustatomas paprastas atsipirkimo laikas (PAL). Sistema, atsiperkamumo palyginimui, įvertinama įrengiant ją Vlniaus ir Klaipėdos miestuose.

13 lentelė. Vėjo energijos transformavimo sistemos ekonominio įvertinimo skaičiavimai

El. Nr.	Sistemo įrengimo pavadinimas	Kiekis	Mato vnt.	Išlaidos
1	Vėjo jėgainė	10	vnt.	40000
2	Vėjo jėgainių valdymo sistema	1	kompl.	4000
3	Elektrinis vandens šildytuvas	1	kompl.	600
4	Tūrinė talpa, 0.5 m ³	1	vnt.	800
5	Elektrinis oro šildytuvas	1	vnt.	700
6	Jungiamieji elektros laidai	1	kompl.	500
7	Reguliavimo armatūra, vamzdynai, išsiplėtimo bakas	1	kompl.	500
8	Montavimo darbai	1	kompl.	3000
9	Kasmetinei eksploatacijos kaštai	100eur/m	kompl.	2000
Sistemos eksploatavimo laikas:		20	metai	
Visos išlaidos sistemai:			Eur	52100.00
Numatomos metinės išlaidos energijai Vilniuje:			Eur	25608.36
Numatomos metinės išlaidos energijai Vilniuje:			Eur	25432.88
Numatomos sutaupyti išlaidos energijai Vilniuje:			Eur	478.69
Numatomos sutaupyti išlaidos Klaipėdoje:			Eur	699.39
PAL (Vilniuje)			metai	109
PAL (Klaipėdoje)			metai	74

Pagal apskaičiuotus energijos poreikius sporto klubui tiekiamo karšto vandens ruošimui ir tiekiamo oro pašildymui, įvertinus išlaidas vėjo energijos transformavimo į šilumą sistemos

įrengimui iš 13 lentelės matome, kad sistemą įrengus Vilniuje, tiriamojo pastato aplinkoje, atipirkimo laikas siekia 109 metus, įvertinus klimatinių sąlygų skirtumus, analogiškame pastate Klaipėdos regione sistemos atsipirkimo laikas ženkliai trumpesnis - 74 metai. Matome, kad abiem atvejais pagal įvertintus kriterijus sistema per savo numatomą tarnavimo laiką neatsipirks.

IŠVADOS

1. Tiriamojo darbo metu vienas iš uždavinių buvo ištirti vėjo energijos potencialą tiriamojo pastato aplinkoje. Tuo tikslu buvo atlikti meteorologiniai matavimai. Gauti artimiausios meteorologinės stoties duomenys nagrinėtu laikotarpiu. Duomenys sulyginti, pateikiant galimą skaičiavimo metodologiją. Nustatyta, kad tiriamojo pastato aplinkoje vėjo energijos potencialo maksimalios vidutinės valandinės reikšmės siekia 373,1 W, didžiąją laiko dalį svyruoja 0-100 W intervale, o vidutinė laikotarpio reikšmė 23,9 W vienam kvadratiniam metrui vėjaračio darbo rato ploto.

Atlikus analizę nustatyta, kad vėjo jėgaines rekomenduojama montuoti kuo arčiau pastato stogo centro, dėl pastatą veikiančių sukurių, vėjaračiai turi būti iškeleli virš pastato bent 30 % pastato aukščio.

2. Nustatyta, kad vėjo jėgainėmis sumontuotomis ant prekybos centro stogo būtų galima generuoti 9.39 MWh energijos per metus, tai galėtų padengti 1.87 % pastato energijos poreikio karšto vandens ruošimui ir tiekiamo oro pašildymui vėdinimo sistemoje.
3. Sporto klubui suprojektuota karšto vandens ruošimo sistema, rekuperacinė vėdinimo sistema pritaikant jas vėjo jėgainių generuojamos elektros energijos panaudojimui šildyti vandenį ir tiekiamą orą.
4. Įvertinus vėjo jėgainių sistemos įrengimo kaštus, gauta, kad sistemos atsipirkimo laikotarpis per ilgas. Galima daryti išvadą, kad be papildomų subsidijų investicijoms, vieta nėra palanki vėjo jėgainių įrengimui. Techniniu požiūriu vėjo jėgaines tikslingiau integruoti, vietovėse kuriose vyrauja didesni vėjo greičiai, kai oras šildomas ir karštas vanduo ruošiamas tik elektra arba elektros tinklų ar alternatyvios šilumos sistemos įrengimas yra sudėtingas.

LITERATŪRA

1. Ole Rathman : The UND/GEF Regional Baltic Wind Energy Programme. Riso National Laboratory, Denmark, 2003.
2. Lietuvos hidrometeorologijos tarnyba. Vidutinės klimatinių rodiklių reikšmės Lietuvoje 1981- 2010 m. Vilnius, 2013.
3. RSN 156 – 94 „Statybinė klimatologija“.
4. Petrauskas, G. ; Adomavičius, V. Vėjo energijos naudojimas elektrai gaminti. Kaunas: Technologija, 2012.-168 p.
5. Case, J. Emil ter Horst, R. ed. “Urban Wind turbines”, WINEUR project. Netherlads, 2007.
6. Vaitiekūnas, P. Šapauskas, V. 2003. Šilumos ir masės pernašos procesų aplinkoje modeliavimo principai. Vilnius: Technika. 102 p.
7. Abohela, I. Hamza, N. Dudek, S. “Effect of roof shape, wind direction, building height and urban configuration on the energy yield and positioning of roof mounted wind turbines”. Newcastle University,UK.In: Renewble energy journal p. 2013, pp. 1106-1118.
8. Mertens, S. “Wind energy in the built environment”. UK ,2006.
9. Burton, T., Sharpe, S., Jenkins, N., Bossanyi, E., Wind Energy Handbook, John Wiley & Son Ltd, Chichester, 2001.
10. V. Adomavičius, Č. Ramonas, V. Kepalas. Control of Wind Turbine’s Load in order to maximize the Energy Output // Electronics and Electrical Engineering. – Kaunas: Technologija, 2008. – No. 8(88). – P. 71–76.
11. UAB „Amalva“ techninis katalogas, 2017
12. STR 2.09.02:2005 „Šildymas, vėdinimas ir oro kondicionavimas“
13. UAB „Amalva“, VERSO vėdinimo įrenginių parinkimo programa, 2017
14. Vandens vartojimo norma RSN 26-90, 1991
15. STR 2.07.01:2003 "Vandentiekis ir nuotekų šalintuvas. Pastato inžinerinės sistemos. Lauko inžineriniai tinklai".
16. Wavin Tikgris K1 Naudojimo instrukcija ir gaminių katalogas, 2014
17. „Pastatų karšto vandens sistemų įrengimo taisyklės“, 2005.
18. Vėjo jėgainė *Windspot 3.5W* techninės charakteristikos . Prieiga per internetą: <http://usa.windspot.es/> [žiūrėta: 2017-11-03]
19. UAB „Systemair“ techninis katalogas, kainynas 2017. Prieiga per internetą: https://www.systemair.com/globalassets/downloads/leaflets-and-catalogues/lt/marketing-material/systemair_kainynas_2017_05.pdf. [žiūrėta: 2017-11-03]

PRIEDAI

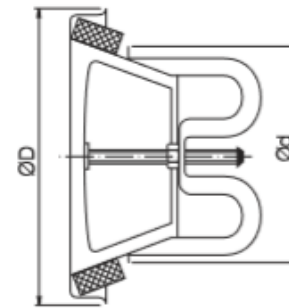
1 priedas. Oro skirstytuvai

Exhaust valve

KSU



Dimensions



Ød nom	ØD mm	m kg
100	130	0,30
125	160	0,39
160	190	0,52
200	235	0,78

Description

Valve for exhaust air.
Designed for wall or ceiling mounting.
Bayonet holders connect to socket VRGU, VRGL, or VRGM.

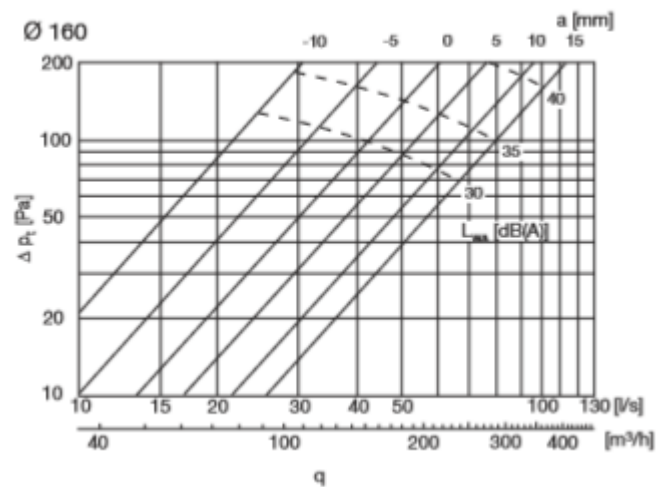
Materials and finish

Material

Painted galvanized sheet metal.

Colour

White RAL 9010, gloss 70, equivalent to NCS S 0502 Y.

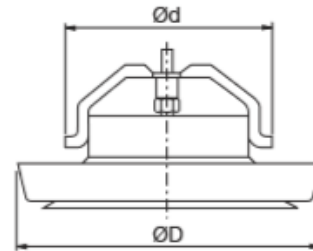


Valve supply air

KIR



Dimensions



Ød nom	ØD mm	m kg
100	135	0,28
125	165	0,44
160	205	0,62

Description

Valve for supply air.
 Designed for ceiling mounting.
 Equipped with a removable blanking-off sector plate for preventing the air flow in a desired direction.
 Bayonet holders connect to socket VRGU, VRGL or VRGM.

Materials and finish

Material

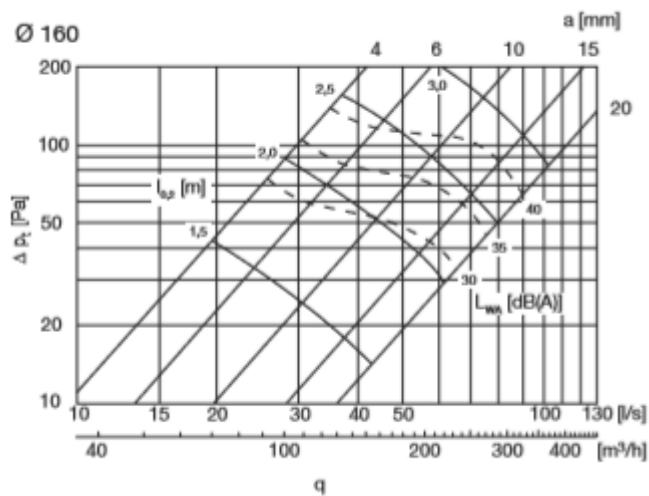
Painted galvanized sheet metal.

Colour

White RAL 9010, gloss 70, equivalent to NCS S 0502 Y.

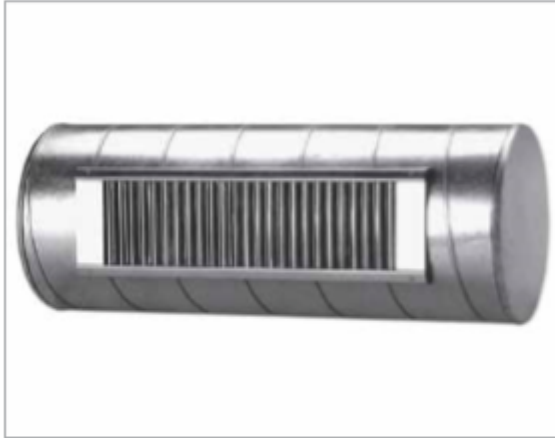
Maintenance

The visible parts can be wiped with a damp cloth.

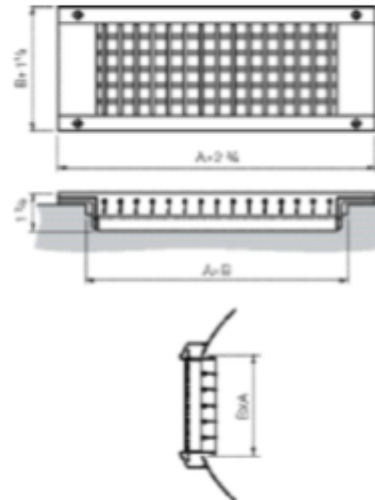


Registers for spiral ducts

RGS-3



Dimensions



5

Description

The RGS-3 is a supply/return register with adjustable double deflection blades and a volume damper designed specifically for direct mounting on a spiral duct. The use of rectangular register taps are not required.

The register is designed in such a way that the flanges always meet flush to the duct regardless of the duct diameter. It also comes equipped with end caps and a gasketing material installed around the neck of the register. This prevents air leakage. RGS-3 is manufactured from galvanized sheet steel and is assembled without the use of welding. This allows the register to be used without further surface treatment and gives it the same finish as the duct.

Materials and finish:

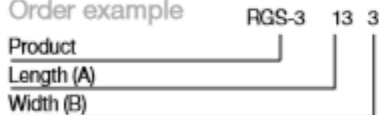
Register: galvanized sheet steel

Damper: electro-galvanized sheet steel

Maintenance

The grille should be removed to gain access to the duct.

Order example



Register nom. size (in)	Min. duct diameter (in)	Free area (ft ²)	Duct opening A x B (in)	Weight (lb)
13 x3	6	0.18	12 3/4 x 3	2.4
17 x3	6	0.25	16 1/4 x 3	3.1
21 x3	6	0.30	20 1/2 x 3	3.7
25 x3	6	0.36	24 1/2 x 3	4.2
33 x3	6	0.48	32 1/2 x 3	5.3
41 x3	8	0.60	40 1/2 x 3	6.4
49 x3	8	0.73	48 1/4 x 3	7.1
13 x6	12	0.36	12 3/4 x 6	3.1
17 x6	12	0.48	16 1/2 x 6	4.2
21 x6	12	0.60	20 1/2 x 6	5.1
25 x6	12	0.73	24 1/2 x 6	5.7
33 x6	12	1.00	32 1/2 x 6	7.7
41 x6	12	1.20	40 1/2 x 6	8.6
49 x6	12	1.46	48 1/4 x 6	9.7
13 x9	20	0.60	12 3/4 x 8 1/2	4.8
17 x9	20	0.80	16 1/4 x 8 1/2	6.6
21 x9	20	1.00	20 1/2 x 8 1/2	7.5
25 x9	20	1.20	24 1/2 x 8 1/2	8.2
33 x9	20	1.60	32 1/2 x 8 1/2	11.2
41 x9	20	2.00	40 1/2 x 8 1/2	12.8
49 x9	20	2.41	48 1/4 x 8 1/2	13.9

We reserve the right to make changes without prior notice. Therefore, all designs, specifications, and product features are subject to change without notice. The company and its products are protected by patents and registered trademarks. All rights reserved.



3 priedas. Oro tiekimo įrenginys

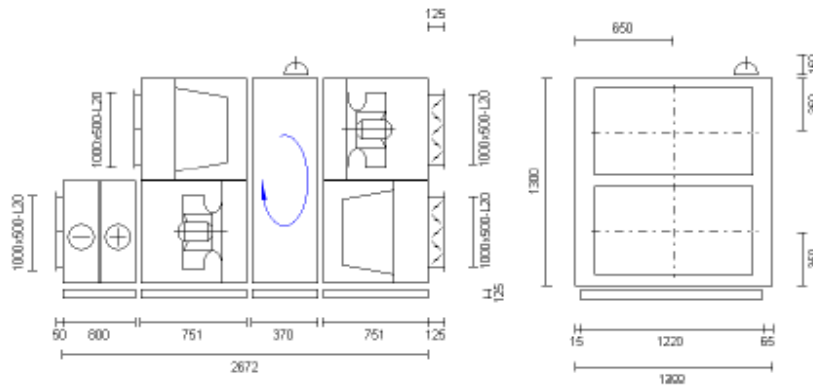


Data: 12/9/2017
 Užsakovas: K.Žemaitis
 Projektas: Sporto klubas

www.komfovent.com

Vėdinimo įrenginio modelis:

VERSO-R-30-L-H-PM/IE4/2/1.4-F7-M5-HW/2R/2.4-CDX/2R/2.8;1-L1-C5.1-X



TECHNINIAI DUOMENYS

Įrenginio dydis	30	
Tipologija	Negyvenamųjų patalpų vėdinimo įrenginys	
	Dvikryptis vėdinimo įrenginys	
Šilumos atgavimo sistemos tipas	kita (Rotacinis šilumokaitis)	
Vėdinimo įrenginio našumas		
RLT class	A	
Tiekiamas		
Vardinis srautas	[m³/h] / [m³/s]	4800 / 1.33
Vardinis išorinis slėgis (ΔPs, ext)	[Pa]	170
Šalinamas		
Vardinis srautas	[m³/h] / [m³/s]	4200 / 1.17
Vardinis išorinis slėgis (ΔPs, ext)	[Pa]	170
Vėdinimo komponentų vidinio slėgio kritis (ΔPs, int)	[Pa]	516
Nėvėdinimo komponentų vidinio slėgio kritis (ΔPs, add)	[Pa]	115
Skaiciuotina žiemos lauko oro temperatūra	[°C]	-23



Per angą oro srauto greitis esant projektavimo oro srautui	[m/s]	1.87
SFPv	[kW/m³/s]	1.48
Atmosferinis slėgis	[Pa]	101325
Oro tankis	[kg/m³]	1.2
Maksimalus srovės stiprumas (3x400V)	[A]	11.5
Faktinė elektrinė įėjimo galia	[kW]	1.97

KOMISIJOJOS REGLAMENTAS (ES) Nr. 1253 (ekologinio projektavimo reikalavimai)

		Vertė	2016	2018
Šilumokaičio šiluminis naudingumas, η_{t_nrv} (EN308)	[%]	76	≥ 67	≥ 73
Vidinė savitoji ventiliatoriaus galia, SFP _{int}	[W/m³/s]	833	≤ 1274	≤ 993
Pavaros tipas - tolydžiojo reguliavimo		Įmontuotas	Būtinai	Būtinai
Šilumos aptakos įrenginys		Yra	Būtinai	Būtinai
Įspėjimas - filtras užsiteršęs		Yra		Būtinai
Įrenginio atitiktis įvertinimas			Atitinka	Atitinka

Korpuso konstrukcija STANDART

Sienelės iš dviejų cinkuotų plieno lakštų, užpildytų šilumą ir garsą izoliuojančia nedegia mineraline vata ($\lambda=0,037$ W/mK).

Įrenginys dažytas C3 klase, RAL 7035.

Vidaus įrenginys.

Užsiteršus įrenginio filtrui, valdymo pultas apie tai įspėja, praneša apie būtinybę keisti filtrą.

Nešvarūs filtrai padidina įrenginio energijos vartojimą, mažina našumą ir energijos vartojimo efektyvumą, todėl labai svarbu reguliariai keisti filtrus.

Vėdinimo įrenginys turi veikti su tolydžio reguliavimo pavara.

www.komfovent.com/manuals/verso-manuals

Verso instrukcijos versija: V1-C5.1-17-07

Oro nuotėkis per korpusą (EN 1886)

-400 Pa	[dm³/(s·m²)]	0.268
+700 Pa	[dm³/(s·m²)]	0.495

Didžiausias išorinio nuotėkio lygis	[%]	0.26
Didžiausias vidinio nuotėkio lygis arba perkeltoji dalis	[%]	1.22

Vėdinimo įrenginio konfigūracija

Atskiros sekcijos su prisuktais pastatymo rėmais po kiekvieną sekciją

Sienelių storis	[mm]	45
-----------------	------	----

Įrenginio masė

Masė (netto)	[kg]	633
--------------	------	-----

Padėklai

AVK	[mm]	950x1550(111kg)
FVS+RO	[mm]	1400x1450(347kg)

4 priedas. Elektrinis oro šildytuvas



RB 50-30/15-1 400V/3 KANAL. Š

Gaminio nr. 9635

Generated by: Systemair interaktyvus katalogas

Aprašymas

Ortakinis šildytuvas stačiakampiems ortakiams. Pagamintas iš aliuminio-cinko lydinio padengtos cinkuotos plieno skardos, kaitinimo elementas pagamintas iš nerūdijančio plieno. Šildytuvas turi vidinę apsaugą nuo perkaitimo su rankinio atstatymo funkcija. Gali būti valdomas nuo patalpos termostato arba TTC. Minimalus oro kiekis yra nurodomas prie minimalaus 1,5 m/s oro greičio. Šie ortakio šildytuvai yra suprojektuoti maksimaliai 40 °C išeinančio oro temperatūrai.



Techniniai parametrai

Galia	33	kW
Įtampa	400 3~	V
Srovė	22	A
Min. oro srautas	850	m³/h
Svoris	13,8	kg

5 priedas. Tūrinis karšto vandens šildytuvas SEL 500

SUNSYSTEM®



SEL 400	SEL 500	SEL 750	SEL 1000	SEL 1500
400	500	750	1000	1500
1470/1670	1770/1890	2010/2030	2060/2080	2310/2370
ø 750	ø 750	ø 950	ø 1050	ø 1050
30 mm rigid PU		100 mm soft PU, removable		100 mm soft PU, removable
10/95	10/95	10/95	10/95	10/95
15	15	15	15	15
✓	✓	✓	✓	✓
✓	✓	✓	✓	✓
3x7,5	3x7,5	3x7,5	2x7,5	3x7,5
173	140	210	245	204

6 priedas. Swegon React reguliavimo vožtuvas

Technical description

Design

- Variable-flow commissioning damper with control and measurement function
- Equipped with a compact regulator (motor included). REACT and REACT MB with compact controller. REACT GUAC with spring return actuator and separate controller.
- The controller has a display enabling direct reading.
- Easy commissioning and handling without the need for a separate hand unit. All you need is screw driver.
- Available in the following designs:
 - Circular version
 - Rectangular version
 - With Modbus
 - With spring return actuator

Features

- Intended for heated spaces (0 - 50 °C).
- Storage and transportation, -20 - 50 °C
- Ductwork Leakage Classes in accordance with SS-EN 1751
 - Leakage class C to the surroundings.
 - Circular version: class 4, closed damper
 - Rectangular version: class 3, closed damper
- Air flow is measured over one or more measuring rods.
- All settings are displayed in actual values.
- Changes of min. and max flows are made directly in the controller through potentiometers.
- Distance inbetween the motor shelf and the damper (30 mm) is dimensioned for easy condensation isolation in duct systems.
- Running time open/close (90 degrees):
 - 5 Nm - 100 s
 - 10 Nm - 150 s
 - 15 Nm - 150 s
- Spring return actuator, running time electricity:
 - 5 Nm - 100 s
 - 10 Nm - 150 s
- Running time spring max 20 s (90 degrees)

Materials and surface treatment

- All sheet metal parts are made of galvanised sheet steel.
- Measurement rods are of extruded aluminum.

Accessories

- RTC – Room thermostat for temperature control of a room, (connects to the REACT regulator).
- DETECT Quality – Carbon dioxide sensor with integrated temperature sensor, for either room or duct installation.
- DETECT Occupancy – Presence detector for switching to minimum air flow when a room is unoccupied or two-flow control min-max.
- REACT CU – Sensor unit for slave control of one or more REACT units. 0-10 V signal only.
- FSR – Clamp/quick fit connector for simple dismantling when cleaning a circular REACT.

Commissioning and maintenance

See the separate commissioning document.

Environment

Declaration of construction materials is available from www.swegon.com.

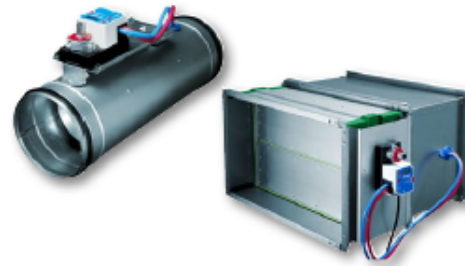


Figure 1. REACT, circular and rectangular design.

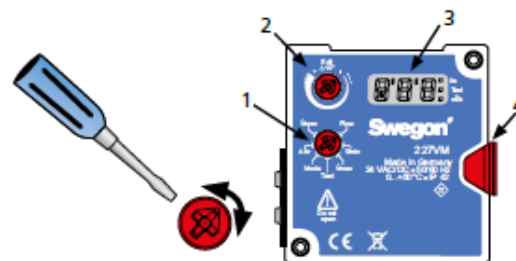


Figure 2. REACT, rectangular design. Explanations of figure 2:

1. Mode wheel.
2. Edit wheel.
3. Display.
4. Gear release button.

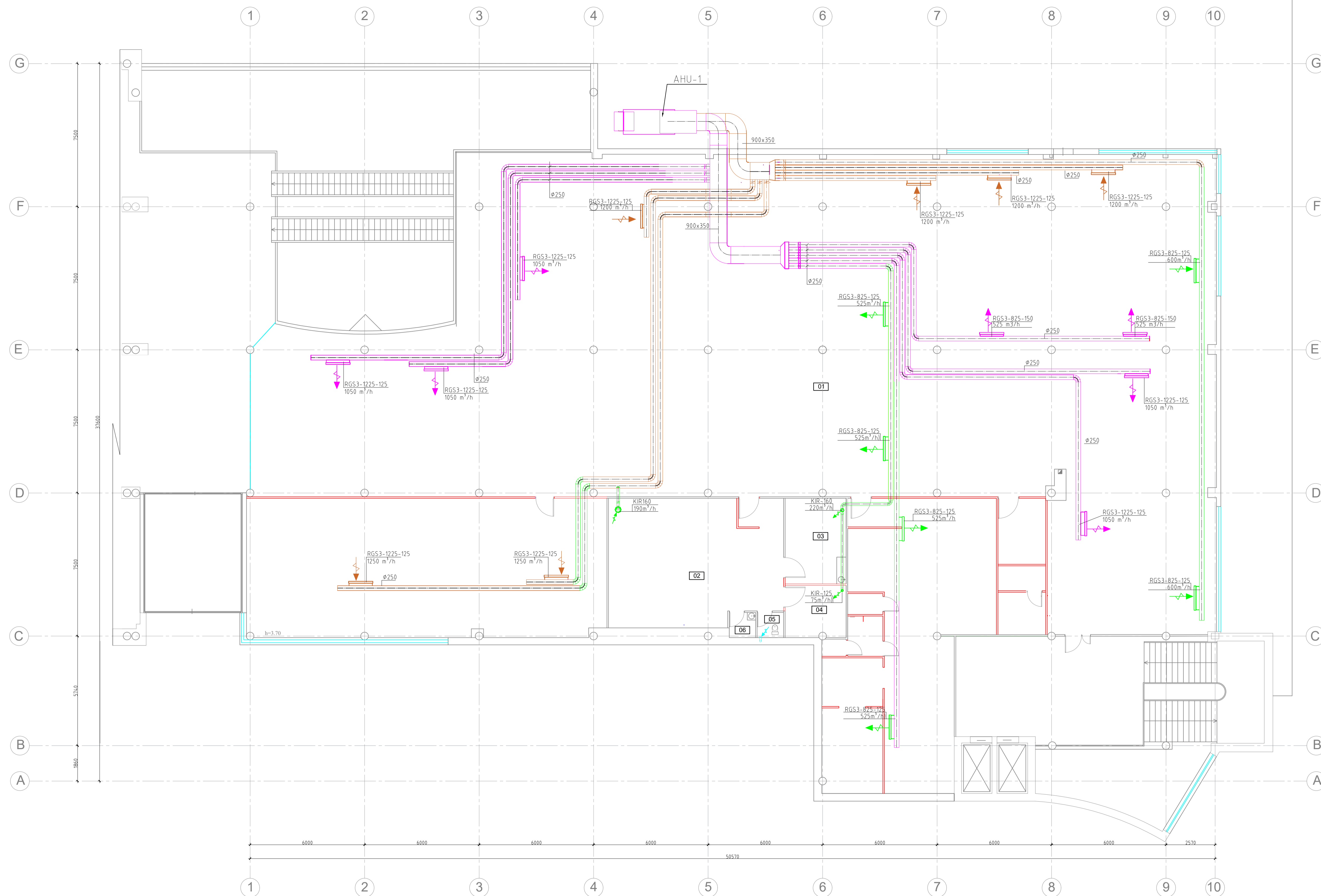


Figure 3. REACT CU, for slave control of REACT 0-10 V signal.



Figure 4. Accessories.

1. RTC – room thermostat.
2. DETECT Quality – carbon dioxide- and temperature sensor.
3. DETECT Occupancy – occupancy sensor.



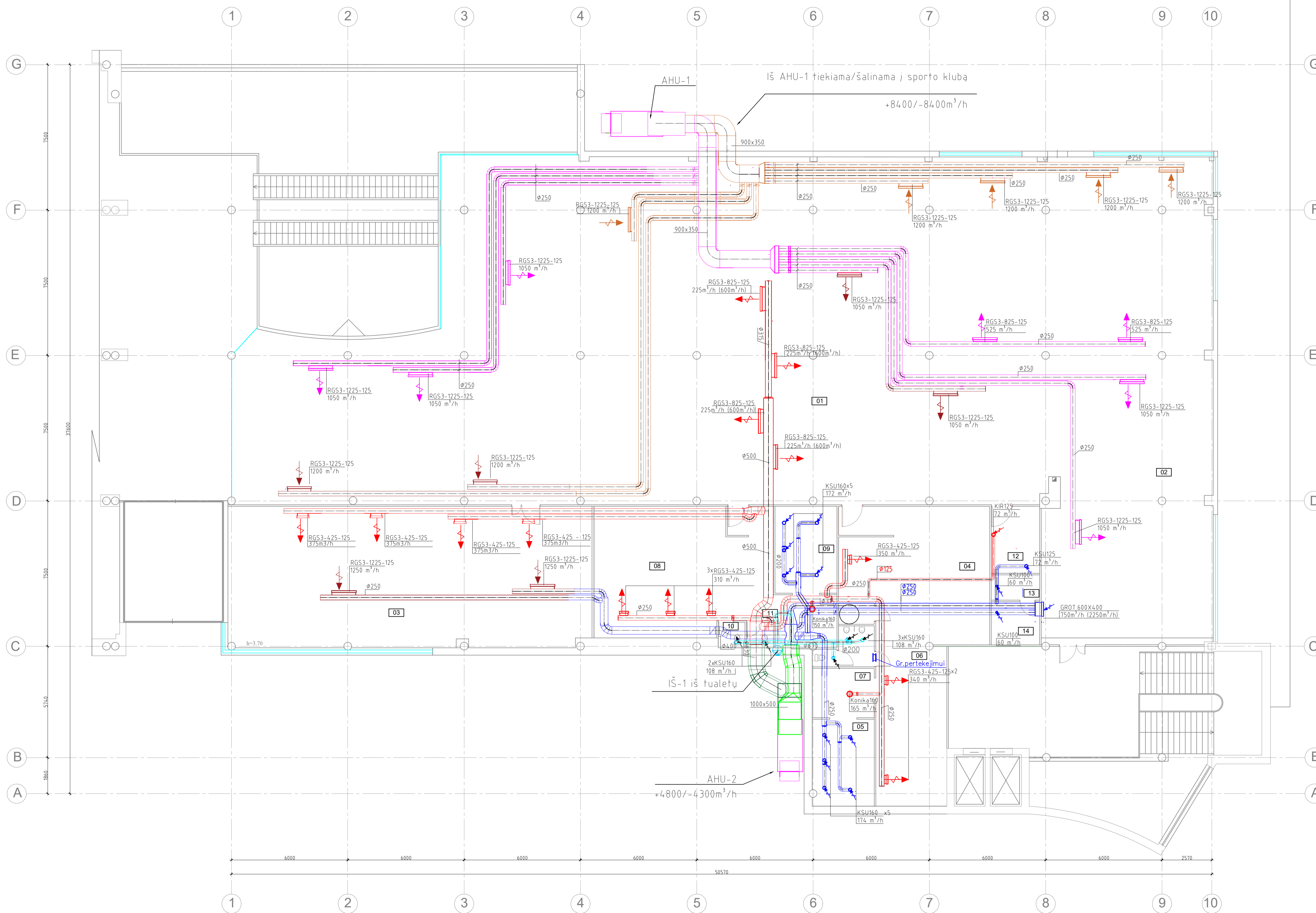
Patalpų eksplikacija:

Pat. Nr.	Patalpos pavadinimas	Plotas m ²
01	Prekybos salė	1124,97
02	Sandėlys	60,84
03	Darbuotojų poilsio patalpa	19,12
04	Administracinė patalpa	7,42
05	Tualetas	1,80
06	Valytojų patalpa	1,80
	Bendras plotas	338,41

Sutartiniai žymėjimai:

- Esamas sistemos AHU-1 tiekiamo oro ortakis
- Esamas sistemos AHU-1 ištraukiamo oro ortakis
- Demontuojamas vėdinimo sistemų ortakyno atšakos
- WC vėdinimo ortaktakis
- ↑ Tiekiamo / ištraukiamo oro grotelės
- Tiekiamo / ištraukiamo oro difuzorius
- Oro srauto reguliavimo sklendė

Grupė	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas		Magistro baigiamasis projektas	
SPM-5	Studentas	K.Žemaitis		
gd	Vadovas	T.Ždančius	Vėjo energijos panaudojimas pastato inžinerinėse sistemose	
	Konsult.		Aukšto planas su vėdinimo sistemomis prieš rekonstrukciją. Mastelis 1:100	
			Laida	O
Etapas	Pastatų energetinių sistemų katedra		2017-TP-PESK -V	
TP	Studentų g. 48, 51367 Kaunas		Lapas	Lapų
			2	5



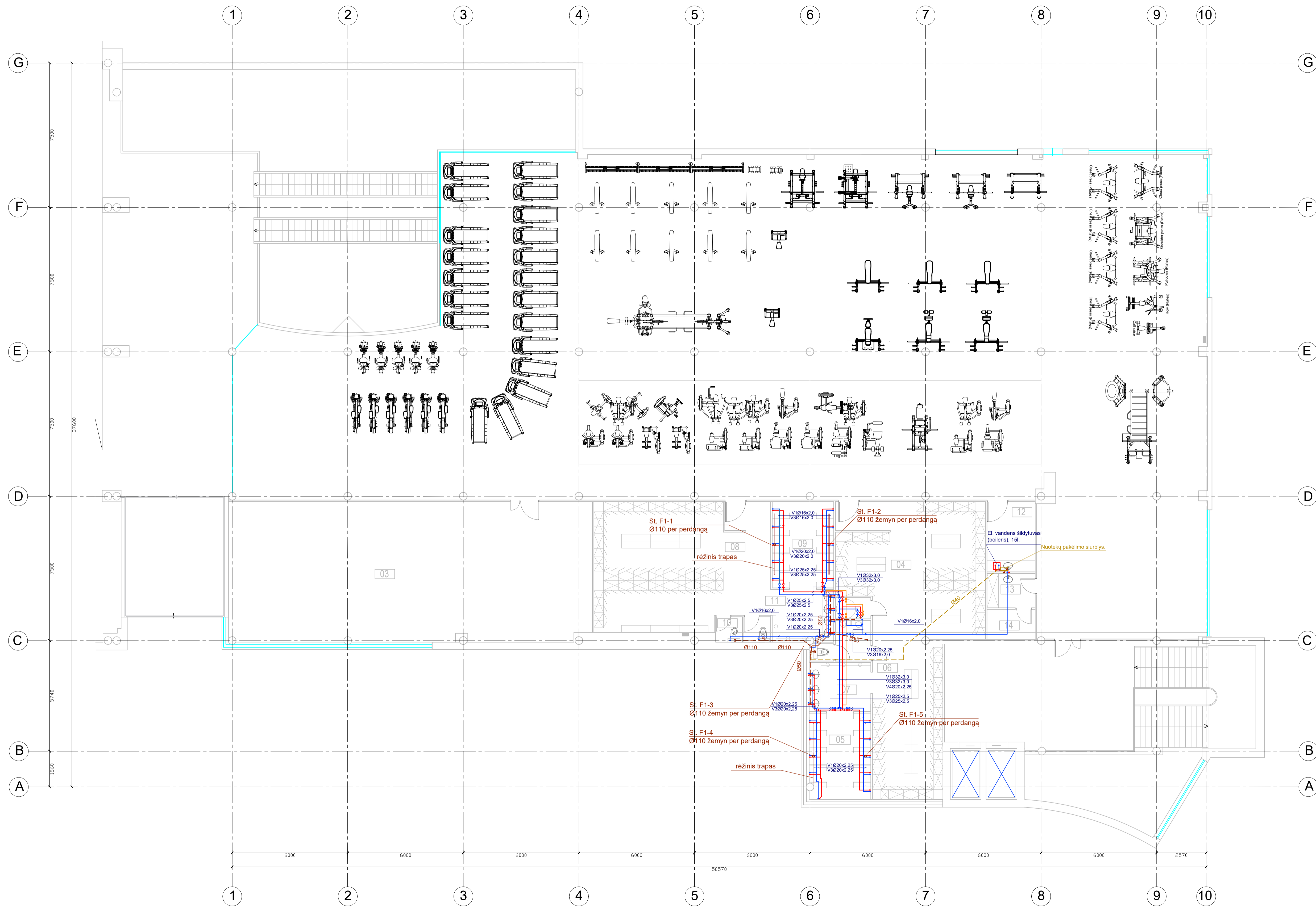
Patalpų apibūdinimas:

Pat. Nr.	Patalpos pavadinimas	Plotas m²
01	Treniruoklių salė	736,25
02	Laisvų svorių treniruoklių salė	126,75
03	Grupinių treniruoklių salė	137,1
04	Vyrų persirengimo patalpa	72,94
05	Vyrų dušai	14,35
06	Vyrų tualetai	6,74
07	Vyrų prausykla	8,22
08	Moterų persirengimo patalpa	60,84
09	Moterų dušai	14,35
10	Moterų tualetai	2,87
11	Moterų prausykla	7,42
12	Trenerių polsio patalpa	19,12
13	Sandėliukas	4,46
14	Valytojų patalpa	5,75
	Bendras plotas	1215,95

Sutartiniai žymėjimai:

- AHU-2 sistemos tiekiamo oro ortakis
- AHU-2 sistemos ištraukiamo oro ortakis
- Tiekiamo lauko oro izoliuotas ortakis
- Šalinamo patalpų oro izoliuotas ortakis
- Esamos sistemos AHU-1 tiekiamo oro ortakis
- Esamos sistemos AHU-1 ištraukiamo oro ortakis
- Rekonstruotos vėdinimo sistemų ortakyno atšakos
- IŠ-1 ištraukimo sistemos ortakis
- Tiekiamo / ištraukiamo oro grotelės
- Tiekiamo / ištraukiamo oro difuzorius
- Oro srauto reguliavimo sklendė
- Pastovaus oro srauto palaikymo sklendė
- Triukšmo slopintvas
- Oro ištraukimo ventiliatorius

Grupė	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas		Magistro baigiamasis projektas	
SPM-5	Studentas	K.Žemaitis	Vėjo energijos panaudojimas pastato inžinerinėse sistemose	
gd	Vadovas	T.Ždančius	Aukšto planas su vėdinimo sistemomis. Mastelis 1:100	
	Konsult.		Laida	O
Etapas	Pastatų energinių sistemų katedra		Lapas	Lapų
TP	Studentų g. 48, 51367 Kaunas		2017-TP-PESK -V	1 5



Patalpų eksplikacija:

Pat. Nr.	Patalpos pavadinimas	Plotas m ²
01	Treniruoklių salė	736,25
02	Laisvų svorių treniruoklių salė	126,75
03	Grupinių treniruoklių salė	137,1
04	Vyrų persirengimo patalpa	72,94
05	Vyrų dušai	14,35
06	Vyrų tualetai	6,74
07	Vyrų prausykla	8,22
08	Moterų persirengimo patalpa	60,84
09	Moterų dušai	14,35
10	Moterų tualetai	2,87
11	Moterų prausykla	7,42
12	Trenerių poilsio patalpa	19,12
13	Sandėliukas	4,46
14	Valytojų patalpa	5,75
	Bendras plotas	1215,95

Sutartiniai žymėjimai:

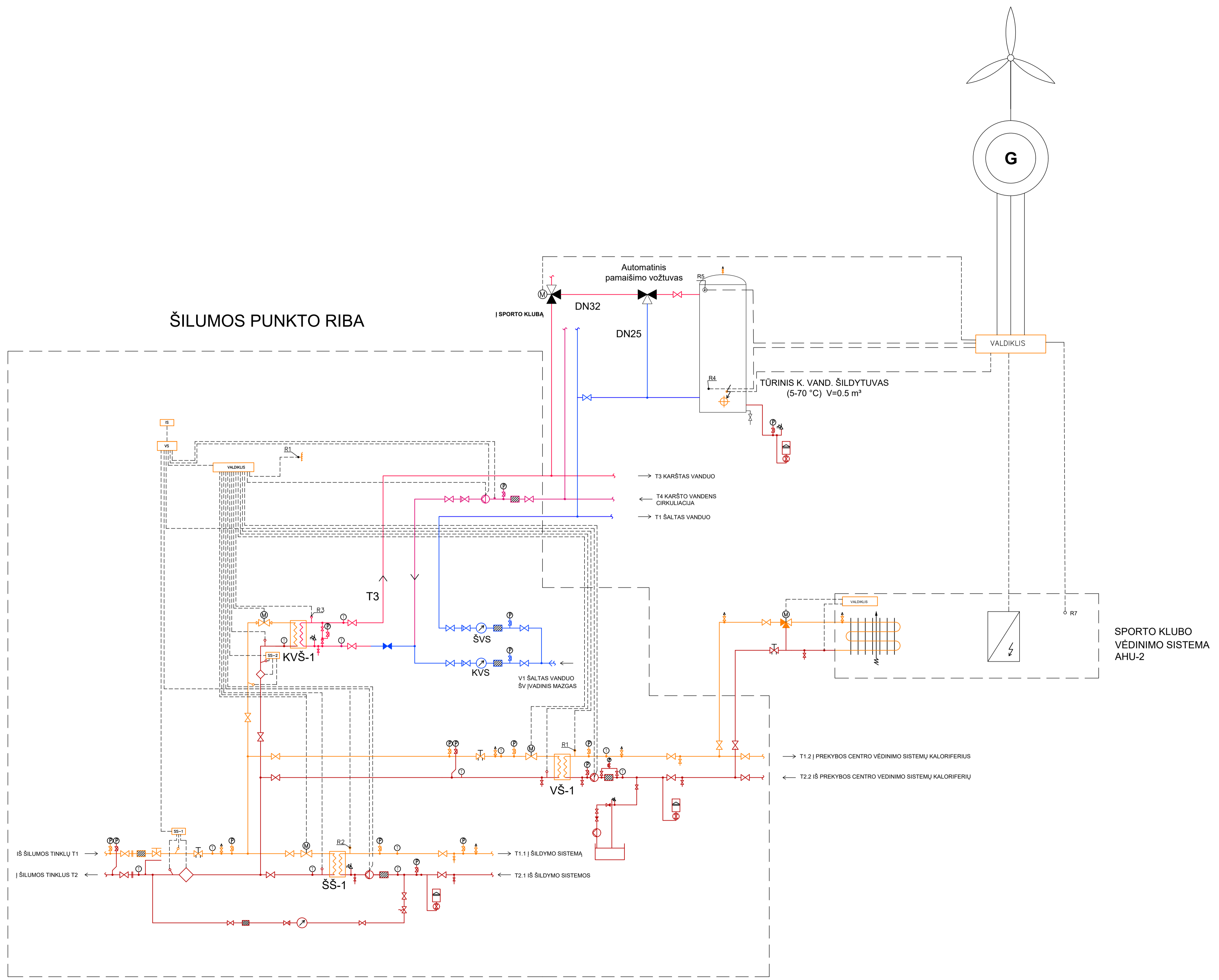
- FI — Butinės nuotekynė
- FI — Slėginė butinės nuotekynė
- Tr. — Trapas
- Pr. — Pravala
- V1 — Šaltas vandentekis
- T3 — Kar štas tiekiamas vandentekis
- T4 — Kar štas cirkuliacinis vandentekis

Grupė	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas		Magistro baigiamasis projektas	
SPM-5	Studentas	K.Žemaitis	Vėjo energijos panaudojimas pastato inžinerinėse sistemose	
gd	Vadovas	T.Ždančius		
	Konsult.		Aukšto planas su vandentekio ir nuotekų sistemomis. Mastelis 1:100	
Etapas	Pastatų energinių sistemų katedra		2017-TP-PESK -VN	Laida
TP	Studentų g. 48, 51367 Kaunas			Lapas
				Lapų
				3 5

SUTARTINIAI ŽENKLAI

- TERMOMETRAS
- DVEIGIS REGULIAVIMO VOŽTUVAS
- RUTULINIS ČIAUPAS
- CIRKULIACINIS SIURBLYS
- MANOMETRAS
- FILTRAS
- AUTOMATINIS NUORINIMO VOŽTUVAS
- APSAUGINIS VOŽTUVAS
- ATBULINIS VOŽTUVAS
- BALANSINIS VENTILIS
- IŠSIPLĖTIMO INDAS
- ŠILUMOS SKAITIKLIS
- ŠALTO, KARŠTO VANDENS KIEKIO SKAITIKLIS
- PLOKŠTELINIS ŠILUMOKAITIS
- MANOMETRO TRIEIGIS ČIAUPAS
- ŠILUMOS NEŠĖJO TEKĖJIMO KRYPTIS
- T1 - TERMOFIKACINIO VANDENS TIEKIAMASIS VAMZDIS
- T2 - TERMOFIKACINIO VANDENS GRĮŽTAMASIS VAMZDIS
- T1.1 - ŠILDYMO SISTEMOS TIEKIAMASIS VAMZDIS
- T2.1 - ŠILDYMO SISTEMOS GRĮŽTAMASIS VAMZDIS
- T1.2 - ŠILUMOS VĒDINIMO SISTEMOS TIEKIAMASIS VAMZDIS
- T2.2 - ŠILUMOS VĒDINIMO SISTEMOS GRĮŽTAMASIS VAMZDIS
- T3 - KARŠTO VANDENTIEKIO VAMZDIS
- T4 - KARŠTO VANDENTIEKIO CIRKULIACINIS VAMZDIS
- V1 - ŠALTO VANDENTIEKIO VAMZDIS
- ELEKTRINIS VANDENS ŠILDYMO TENAS VANDENS ŠILDYTUVE
- R - TEMPERATŪROS DAVIKLIS

ŠILUMOS PUNKTO RIBA



Grupė	KTU Statybos ir Architektūros fakultetas			Magistro baigiamasis projektas		
SPM-5	Studentas	K.Žemaitis		Vėjo energijos panaudojimas pastato inžinerinėse sistemose		
gd	Vadovas	T.Ždanekus		Principinė šilumos tiekimo schema		
	Konsult.			Laida	0	
Etapas	Pastatų energinių sistemų katedra			2017-TP-PESK		
TP	Studentų g. 48, 51367 Kaunas			Lapas	4	
				Lapų	5	