

**ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
INŽINERIJOS KATEDRA**

Adomas Zakaitis

**BASEINO PATALPŲ VĖDINIMO ĮRANGOS EKSPLOATACINIŲ
PARAMETRŲ TYRIMAS**

Magistro baigiamasis darbas

Šiauliai, 2018

**ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
INŽINERIJOS KATEDRA**

**TVIRTINU
Katedros vedėja**

Ramunė Klevaitytė

2018-05-31

**BASEINO PATALPŲ VĖDINIMO ĮRANGOS EKSPLOATACINIŲ
PARAMETRŲ TYRIMAS**

Magistro baigiamasis darbas

Vadovas

Doc. dr. Sergėjus Rimovskis

2018-05-31

Recenzentas

Doc. dr. Raimondas Šniuolis

2018-05-31

Atliko

MM-16 gr. stud.

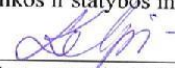
Adomas Zakaitis

2018-05-31

Šiauliai, 2018

TVIRTINU

Mechanikos ir statybos inžinerijos katedros vedėja

 Loreta Kelpšienė
2017 m. vasario mėn. 6 d.

MAGISTRO DARBO UŽDUOTIS

Išduota magistrantui: Adomui Zakaičiui

Darbo tema: Baseino patalpų vėdinimo įrangos eksploatacinių parametrų tyrimas

Galutinai patvirtinta 2018 m. kovo 7 d. katedros posėdžio protokolu Nr. INZK-3-3.

1. Darbo tikslas

Atlikti baseino tipo patalpoms skirtos vėdinimo įrangos darbo režimų analizę, atsižvelgiant į susidarantį drėgmės kiekį, jo pašalinimo būdus, mikroklimato parametrų užtikrinimą, atsižvelgiant į galiojančias higienos normas.

2. Darbo struktūra

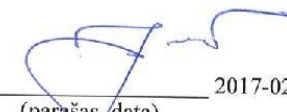
1. Įvadas.
2. Tiriamojo objekto aprašymas ir jį sudarančių elementų darbo analizė.
3. Teorinis baseino mikroklimato sąlygų skaičiavimas.
4. Tiriamojo objekto darbo režimų monitoringo duomenų apdorojimas.
5. Išvados.
6. Literatūra.
7. Priedai.

Darbo pateikimo terminas 2018 m. birželio mėn. 1 d.

Užduotį gavau Adomas Zakaitis
(magistranto vardas, pavardė)

 2017-02-06
(parašas, data)

Vadovas Sergėjus Rimovskis
(pareigos, vardas, pavardė)

 2017-02-06
(parašas, data)

Turinys

SANTRAUKA.....	5
SUMMARY	6
LENTELIŲ SĄRAŠAS.....	7
PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS.....	8
ĮVADAS.....	9
1. VĒDINIMO BŪDAI IR REIKALAVIMAI BASEINO PATALPOMS	11
1.1. Vėdinimo būdų ir sistemų klasifikacija	11
1.2. Standartinio vėdinimo įrenginio sandara	14
1.3. Reikalavimai baseino patalpų mikroklimatui	21
2. BASEINO PATALPOSE SUSIDRANATIS DRĒGMĖS KIEKIS	22
2.1. Baseino patalpose susidarančio drėgmės kiekio apskaičiavimo metodika	22
2.2. Drėgmės kiekio apskaičiavimo pavyzdys.....	30
3. VĒDINIMO ĮRENGINIO BANDYMAI	31
3.1. Tiriamo vėdinimo įrenginio sandara	31
3.2. Įrenginio valdymo programos	32
3.3. Tyrimo parametrų monitoringas ir analizė	36
IŠVADOS	40
LITERATŪRA.....	41
PRIEDAI.....	42
1 Priedas. Tyrimui naudotas vėdinimo įrenginys	42
2 Priedas. Dalyvavimas konferencijoje.....	43

**ŠIAULIŲ UNIVERSITETAS
INŽINERIJOS KATEDRA**

Adomas Zakaitis. BASEINO PATALPŲ VĖDINIMO ĮRANGOS EKSPLOATACINIŲ PARAMETRŲ TYRIMAS. Magistranto baigiamasis darbas / vadovas doc. dr. S. Rimovskis.

SANTRAUKA

Išanalizavus baseino patalpoms šiuo metu Lietuvoje ir Europos Sąjungoje galiojančius standartus ir išnaginėjus rinkoje jau esančius gaminius, buvo sukurta baseino patalpoms skirta vėdinimo įrenginio schema ir valdymo programos, kurios užtikriną tinkamą mikroklimatą baseino patalpoje, esant įvairioms vidaus bei lauko oro sąlygoms.

Atliekant bandymus, buvo patikrintos vėdinimo įrenginio valdymo programos, jų veikimo principai ir automatinis persijungimas iš vienos programos į kitą, pasikeitus aplinkos sąlygoms.

Reikšminiai žodžiai: baseino patalpų vėdinimas, vėdinimo agregatas, šiluminė energija

**ŠIAULIAI UNIVERSITY
DEPARTMENT OF ENGINEERING**

**Adomas Zakaitis. OPERATIONAL PARAMETERS TESTING OF AN INDOOR
POOL AIR VENTILATION EQUIPMENT. Master final work / research advisor assoc.
prof. dr. S. Rimovskis**

SUMMARY

After a thorough analysis of current standards for swimming-pools of Lithuania and EU and investigation of solutions already existing in the market air venting system with the controller was created. It was designed for indoor swimming pool environment and does not depend on indoor or outdoor weather conditions.

Air ventilation control systems and their operation modes (including automatical switching between different modes) were examined by changing environment conditions.

Keywords: pool air ventilation, ventilation unit, thermal energy

LENTELIŲ SĄRAŠAS

1.1 lentelė. Šilumokaičių savybės.....	13
1.2 lentelė. Filtrų klasės.....	16
2.1.1 lentelė Vandens perkėlimo koeficientas pagal baseino tipą.....	23
2.1.2 lentelė Atrakcionų amplifikacijos laukai.....	24
2.2.1 lentelė Apskaičiuoti rezultatai.....	30

PAVEIKSLŲ SĄRAŠAS

1.1 pav. Standartinio vėdinimo įrenginio schema.....	14
1.2 pav. Korpusas.....	15
1.3 pav. Atraminis padas.....	15
1.4 pav. Automatikos dėžė.....	16
1.5 pav. Kišeniniai filtrai.....	16
1.6 pav. Šildymo kaloriferis.....	17
1.7 pav. Ventiliatorius.....	17
1.8 pav. Garintuvas.....	18
1.9 pav. Šilumokaitis.....	18
1.10 pav. Lašų gaudytuvas.....	19
1.11 pav. Sklendė.....	19
1.12 pav. Apėjimo sklendė.....	20
1.13 pav. Kompresorius.....	20
2.1.1 Pav. Vandens perkėlimo koeficiento priklausomybė nuo atrakcionų kiekio.....	24
2.1.2 Pav. Vandens garų slėgio skirtumas pagal vandens temperatūrą.....	25
2.1.3 Pav. Tvankumo riba.....	29
3.1.1 Pav. Vėdinimo įrenginio schema.....	31
3.2.1 Pav. Programos P 1.1 grafiškas vaizdavimas.....	32
3.2.2 Pav. Programos P 2.1 grafiškas vaizdavimas.....	33
3.2.3 Pav. Programos P 3.1 grafiškas vaizdavimas.....	33
3.2.4 Pav. Programos P 4.1 grafiškas vaizdavimas.....	34
3.2.5 Pav. Programos P 5.1 grafiškas vaizdavimas.....	34
3.2.6 Pav. Programos P 6.1 grafiškas vaizdavimas.....	35
3.3.1 Pav. Lapkričio 1d duomenų grafikai.....	36
3.3.2 Pav. Lapkričio 3d duomenų grafikai.....	37
3.3.3 Pav. Lapkričio 5d duomenų grafikai.....	38

ĮVADAS

Darbo aktualumas.

Efektyvus drėgmės surinkimas baseinuose reikalauja kruopščiai apskaičiuoto sprendimo. Drėgmės išsiskyrimas priklauso nuo daugelio faktorių: vandens bei oro temperatūros, vandens paviršiaus ploto, bangavimo ir t.t. Ruošiant baseino vėdinimo sistemos projektą, labai svarbų teisingai įvertinti visus faktorius, tam kad pasirinkti tinkamą įrangos galią bei įrengti tokią sistemą, kuri tikrai atliks savo funkciją.

Labai svarbi energetinė pusė. Šiltas ir drėgnas oras akumuliuoja savyje keletą kartų daugiau šiluminės energijos nei įprasta, todėl projektuojant baseino ventiliacijos sistemą, ypatingą dėmesį reikia skirti šilumos taupymui. Oro sausinimas autonominio drėgmės surinkėjo pagalba reikalauja didelių elektros sąnaudų. Kur kas efektyvesnis sprendimas – tokios baseino vėdinimo sistemos projektavimas, kuri drėgmės šalinimui maksimaliai panaudotų patalpos ventiliaciją, apskaičiuojant atitinkamus vėdinimo režimus skirtingais metų laikais. [1]

Taigi, tinkamo vėdinimo agregato parinkimas yra svarbus ne tik dėl tikslaus drėgmės šalinimo, bet ir dėl efektyvaus energijos suvartojimo.

Lietuvoje ypač išaugo naujų ir renovuojamų baseinų projektų skaičius, po Rūtos Meilutytės laimėto aukso medalio, Londono olimpinėse žaidynėse.

Tyrimo objektas.

Baseino patalpoms skirtas vėdinimo įrenginys (rekuperatorius).

Tyrimo tikslas.

Išanalizavus Lietuvoje ir Europoje šiuo metu galiojančius baseino patalpoms skirtus standartus ir vėdinimo įrenginio darbo parametrus sukurti vėdinimo įrenginio valdymo programas, kurios užtikrintų ekonomiškiausią vėdinimo įrenginio veiklą ir tinkamą mikroklimatą baseino patalpose.

Tyrimo uždaviniai:

- Išanalizuoti Lietuvoje ir Europoje šiuo metu galiojančius reikalavimus ir esančius standartus baseinams skirtoms patalpoms.

- Pagal baseino techninius parametrus apskaičiuoti baseine susidaranti drėgmės kiekį.
- Parinkti geriausią vėdinimo įrenginio schemą.
- Parengti valdymo programas, pagal kurias visais atvejais ekonomiškai naudojant energiją būtų užtikrinamas tinkamas mikroklimatas baseino patalpose.
- Praktiškai išbandyti programų veikimą realiomis gaminio veikimo sąlygomis.

Darbo struktūra.

Pirmame skyriuje išnagrinėjami vėdinimo būdai, kuo skiriasi natūralus ir mechaninis vėdinimas, kokie galimi šilumos atgavimo būdai, koks jų efektyvumas. Apžvelgta standartinio vėdinimo įrenginio sandara, trumpai aprašyta kokie komponentai yra pagrindiniai ir kokias funkcijas jie atlieka. Trumpai apžvelgti Lietuvoje ir Europoje šiuo metu galiojantys standartai, skirti baseinų patalpų įrengimui ir jų priežiūrai, apibrėžiami reikalavimai ir rekomendacijos.

Antrame skyriuje smulkiai aprašytos metodikos, skirtos apskaičiuoti išsiskiriančios drėgmės kiekį kuris priklauso nuo baseino patalpos tūrio, vandens paviršiaus ploto, baseino tipo, vandens ir oro temperatūros ir santykinės drėgmės. Pateikiami atrakcionų amplifikacijos laukai, vandens perkėlimo koeficiento priklausomybė nuo atrakcionų kiekio, vandens garų slėgio skirtumas priklausomai nuo vandens temperatūros, tvankumo ribos pakyčius priklausomai nuo garų slėgio ir santykinio drėgnumo. Pateikti gauti rezultatai, pagal pateiktas skaičiavimo metodikas, apskaičiuojant veikiančio baseino išgaruojančio vandens kiekį, pagal tikrus parametrus.

Trečiame skyriuje aprašomas atliktas eksperimentinis tyrimas. Apžvelgta tiriamo vėdinimo įrenginio sandara. Aprašytos 6 vėdinimo įrenginio valdymo programos, kurios veikia priklausomai nuo baseino ir lauko oro parametrų, ir visada ekonomiškai užtikrina tinkamą mikroklimatą baseino viduje. Grafiškai pateikiami tyrimo metu fiksuoti drėgmės ir temperatūros pokyčiai, veikiant skirtingoms programoms.

Pateiktos išvados apie tyrimo metu pastebėtus trūkumus ir pokyčius, juos ištaisius.

1. VĒDINIMO BŪDAI IR REIKALAVIMAI BASEINO PATALPOMS

1.1. Vėdinimo būdų ir sistemų klasifikacija

Bet kokį, o ypač – gerai apšiltintą ir sandarų pastatą, būtina vėdinti dėl gyventojų ar darbuotojų sveikatos, komforto bei darbingumo, kad šildymo katilai dirbtų saugiai ir naudingai, kad išsisklaidytų kvapai ir susikaupę teršalai, žemės natūraliai skleidžiamas radonas bei vandens garai [1].

Pagal tai, kas sukelia oro judėjimą, vėdinimas gali būti **natūralusis** ir **mechaninis**.

Natūralusis vėdinimas vyksta veikiant gravitacijos ir dinaminėms jėgoms. Gravitacijos jėgos, atsiradusios dėl skirtingos temperatūros oro tankių skirtumo, verčia šiltesnį orą kilti aukštyn, vėsesnį – leisti žemyn.

Mechaninis vėdinimas vyksta oro cirkuliaciją sukeliant ventiliatoriais.

Savo ruožtu natūralusis vėdinimas esti organizuotas, kai orui įeiti ir išeiti numatytos specialios angos, žinomi tų angų matmenys ir išdėstymas, ir neorganizuotas, kai oras veržiasi pro nesandarumus ir plyšius, kurių plotas ir vieta tiksliai nežinomi

Kai higienos normų leidžiamas oro temperatūros, santykinės drėgmės ir švarumo svyravimas neturi apčiuopiamos reikšmės produkcijos kokybei, mechaninis vėdinimas derinamas su natūraliuoju. Žiemą ir pereinamuoju laikotarpiu pasikliaujama mechaniniu vėdinimu, o vasarą patalpos papildomai pravėdinamos pro atvirus vartus, langus ir kitas angas [2].

Mechaninis vėdinimas, kuris gali būti su šilumogražos sistema arba be jos ir yra naudojamas, kai nėra natūralaus vėdinimo arba juo neįmanoma patalpoje išlaikyti norminių oro parametrų.

Kai vėdinama mechaniniu būdu nenaudojant šilumogražos, su šalinamu oru netenkama šilumos, o ventiliatoriams ir kitiems sistemos įrenginiams dirbti reikalinga elektros energija. Šilumos nuostoliai dėl vėdinimo gali sudaryti 20–40 proc. pastato šilumos poreikio. Nuostoliai dėl vėdinimo yra santykinai didesni mažiau energijos

suvartojančiuose pastatuose. Todėl siekiant taupyti energiją, kuriamos naujos technologijos, tobulinamos vėdinimo sistemos dalys.

Efektyvi mechaninio vėdinimo sistema su šilumos atgavimo funkcija ir galimybe reguliuoti oro srautus, atsižvelgiant į poreikį, gali labai sumažinti patalpų šildymo išlaidas. Energija turi būti taupoma optimaliai valdant vėdinimo sistemą, mechaninio vėdinimo sistema savo darbui turi vartoti minimalų energijos kiekį, tačiau neleistina taupyti energijos, bloginant patalpų oro kokybę. Žmogus ir jo jutimai nėra geriausias mikroklimato indikatorius, nes žmogus neturi jautrių receptorių, galinčių įvertinti oro kokybę, CO₂ koncentracijos kiekį bei santykinę oro drėgmę. Vienintelis pojūtis, kurį ganėtinai jautriai fiksuoja žmogaus receptoriai – kvapai, bet prie jų greitai priprantama. Pabuvus patalpoje vos pusvalandį, receptoriai tampa nebe tokie jautrūs, tad tik išėję į lauką ir vėl sugrįžę į patalpas įsitikiname, kad oro kokybė pastato viduje netinkama.

Mechaninio vėdinimo sistemos turi būti automatizuotos. Automatizacijos ir valdymo lygis parenkamas pagal pastato ir sistemų paskirti, pastate ar patalpoje vykdomų technologinių procesų reikalavimus bei ekonominį tikslingumą. Automatizavimas turi užtikrinti patikimą ir efektyvų sistemos veikimą. Vėdinimo sistema turėtų būti ne statiška, o tiesiogiai reaguoti į pastato viduje vykstančius procesus. Vėdinimo įrangos automatika nustato mikroklimato pokyčius patalpose ir operatyviai į juos reaguoja. Jei vėdinimo įrangos darbas neautomatizuotas, energija švaistoma be reikalo. Energijos nuostolius galima sumažinti programuojant vėdinimo sistemos darbą pagal savaitinį, paros ar tam tikrą valandinį režimą. Tada vėdinimo sistema pati išsijungia ir įsijungia, kai reikia. Šiuolaikinė moderni įranga gali automatiškai keisti vėdinimo intensyvumą ir pagal CO₂ bei drėgmės pokyčius. Iš patalpų šalinamas oras šilumą gali perduoti tiekiamam į patalpas orui. Šiuo tikslu naudojami šilumokaičiai. Šilumokaitis – tai prietaisas, kuriame vyksta šilumos mainai. Aukštesnės temperatūros šilumnešis perduoda šiluminę energiją žemesnės temperatūros šilumnešiui. Šilumnešis gali būti ir dujos, ir skystis.

Pagal veikimo principą šilumokaičiai skirstomi į plokštelines, rotacinius ir atskirų srautų su tarpiniu šilumnešiu (žr. 1.1 lentelę) [7].

Plokštelinis šilumokaitis. [8]

Jame paduodamo ir išeinančio oro srautai atskirti visiškai, todėl naudojant tokį šilumokaitį įmanoma su minimaliais oro kiekiais užtikrinti maksimalią mikroklimato

kokybę. Plokšteliniai šilumokaičiai – statiniai, todėl jie ypač patikimi mechaninių gedimų atžvilgiu, bei nenaudoja papildomos elektros energijos. Jų naudingumo koeficientas 60 – 95 %. Plokštelių šilumokaičiai būna kelių modifikacijų: kryžminių ir priešpriešinių srautų. Priešpriešinių srautų šilumokaičiai turi keletą kartų didesnę paviršiaus plotą, kuriame vyksta šilumos mainai, todėl yra efektyvesni, tačiau jų išmatavimai yra didesni. Plokšteliniai šilumokaičiai dažniausiai gaminami iš aliuminio, todėl jie turi dar vieną, kartais teigiamą, o kartais neigiamą, savybę - jie sausina patalpos orą.

Rotacinis šilumokaitis.

Dėl specifinio, besisukančio šilumokaičio, įrenginio matmenys mažesni nei plokštelinio, tačiau yra papildomų mechaninių detalių kurios sukasi ir ankščiau ar vėliau susidėvi, todėl tenka jas keisti. Naudingumo koeficientas 75-90%. Šilumokaičio sukimosi greičio reguliavimas įgalina efektyvesnę funkcionavimą. Tačiau priklausomai nuo techninės būklės, rotacinis šilumokaitis į tiekiamą orą gali įmaišyti iki 20% užteršto (ištraukiamo) oro. Be to, šie šilumokaičiai veikia garsiau nei plokšteliniai analogai.

Atskirų srautų šilumokaitis.

Šio šilumokaičio konstrukcija leidžia įrengti padavimo įrenginį labai dideliu atstumu nuo ištraukimo, jis mažiausiai jautrus žemoms temperatūroms, tačiau naudingumo koeficientas tik iki 75%. Dažniausiai šie šilumokaičiai naudojami pramonėje esant specifinėms sąlygoms nes yra sąlyginai brangūs. [7].

Kai kurios šilumokaičių savybės pateiktos 1.1 lentelėje.

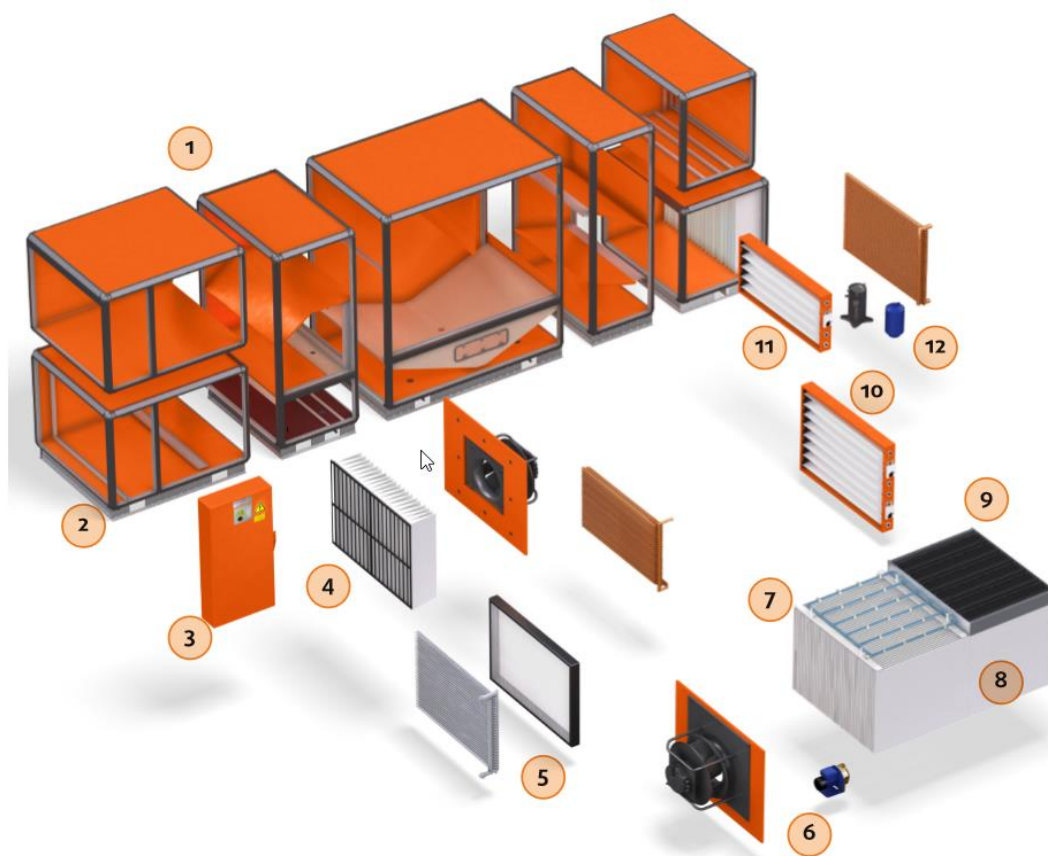
1.1 lentelė. Šilumokaičių savybės

Šilumokaičio tipas	Naudingumo koeficientas, %	Gražinamas oras, %	Privalumai	Trūkumai
Plokštelinis	60-95	0	Paprasta ir nebrangi konstrukcija, nėra judančių dalių, sausina orą	Kai temperatūra lauke žemiau 0°C, apšąla, krinta naudingumo koeficientas, sausina orą.

Rotacinis	75-90	20	Aukštas naudingumo koeficientas, šaltuoju metų laiku atkuria drėgmę patalpose, labai maža apledėjimo tikimybė, geras kainos ir kokybės santykis.	Yra judančių mechaninių dalių: variklis, diržas, guolis - jos dėvėsi ir genda, maišosi skirtingi oro srautai, patenka kvapai..
Atskirų srautų su tarpiniu šilumnešiu	Iki 75	0	Tiekiamo ir šalinamo oro srautai gali būti skirtingose vietose.	Žemas naudingumo koeficientas, brangi ir sudėtinga konstrukcija.

1.2. Standartinio vėdinimo įrenginio sandara

Standartinį vėdinimo įrenginį sudarantys elementai pavaizduoti 1.1 pav. [6]

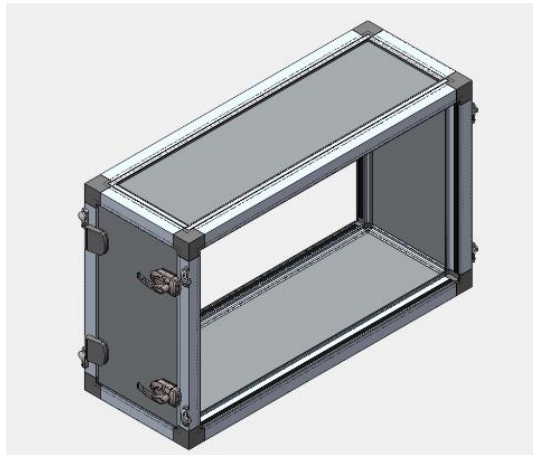


1.1 pav. Standartinio vėdinimo įrenginio schema:

1 – korpusas; 2 – atraminis padas; 3 – automatikos dėžė; 4 – filtrai; 5 - šildymo kaloriferis; 6 – ventiliatoriai; 7 - šilumos siurblio garintuvas; 8 – šilumokaitis; 9 – lašų gaudytuvas; 10 – sklendės; 11 – aptekėjimo sklendė; 12 - kompresorius

Korpusas.

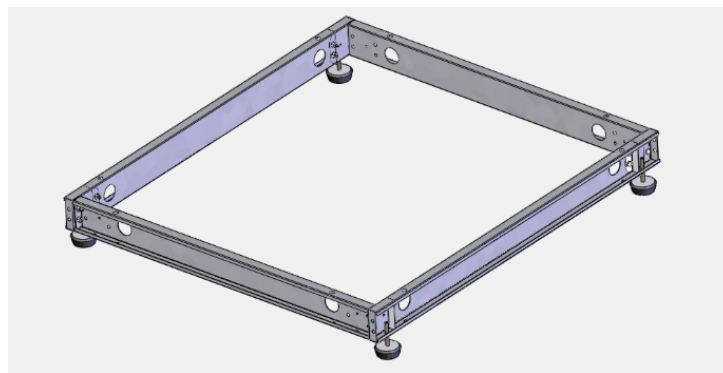
Korpusas (žr. 1.2 pav.) skirtas visiems gaminio komponentams surinkti, reikiamam sandarumui užtikrinti. Korpuso galai dažniausiai būna paruošti prijungimui prie ortakyno sistemos.



1.2 pav. Korpusas

Atraminis padas.

Dažniausiai vėdinimo įrenginys susideda iš kelių korpusų, todėl atraminis padas (žr. 1.3 pav.) reikalingas, kad surenkant ir pastatant įrenginį būtų užtikrintas lygumas.



1.3 pav. Atraminis padas

Automatikos dėžė.

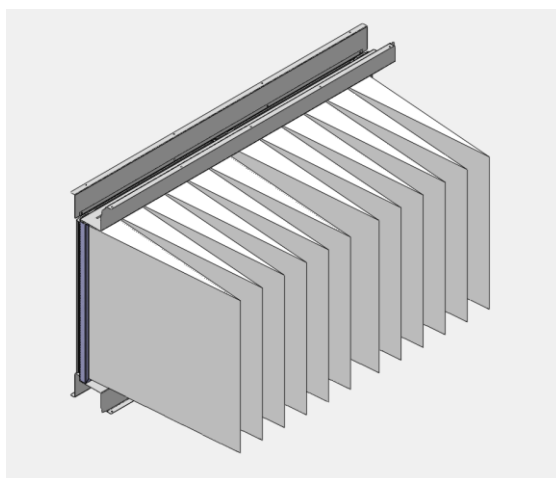
Automatikos dėžėje (žr. 1.4 pav.) surenkami visi valdikliai, kurie reikalingi, automatiniam įrenginio veikimui.



1.4 pav. Automatikos dėžė

Filtrai.

Filtrai (žr. 1.5 pav.) vėdinimo įrenginyje naudojami tiekiamam ir ištraukiamam orui valyti. Filtrai skirstomi pagal klases, kurios nurodo filtravimo efektyvumą. Žemiausiai leidžiama filtro klasė gyvenamųjų patalpų vėdinimui – G4, rekomenduojama filtro klasė – F7-F9. Filtrų klasės ir jų efektyvumas pateikti 1.2 lentelėje.



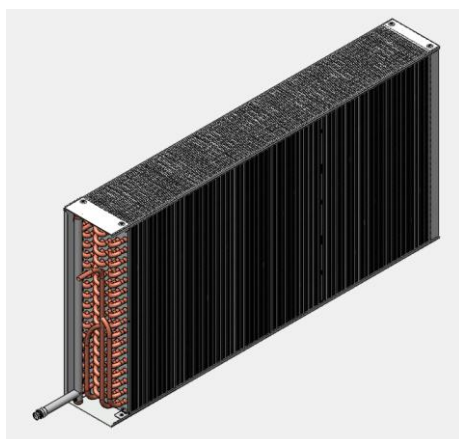
1.5 pav. Kišeniniai filtrai

1.2 lentelė. Filtrų klasės

Filtrų grupės	Klasė pagal EN 779	Sulaikymo Lygis %	Naudingumo Lygis %	Dalelių dydis μm				
				< 0,3	0,3–0,5	0,5–1	1–5	> 5
G	G1	60	~ 0	~ 0	~ 0	~ 0	~ 0	70
	G2	70	~ 10	~ 0	~ 0	~ 0	~ 10	80
	G3	85	~ 25	~ 0	~ 0	~ 0	~ 20	90
	G4	95	~ 35	~ 0	~ 5	~ 10	~ 35	95
F	F5	~ 97	50	~ 10	20	30	65	98
	F6	~ 98	70	~ 15	30	50	80	99
	F7	~ 98	83	~ 25	50	70	90	~ 100
	F8	~ 99	92	~ 35	70	90	95	~ 100
	F9	~ 100	96	~ 50	80	95	98	~ 100

Šildymo kaloriferis.

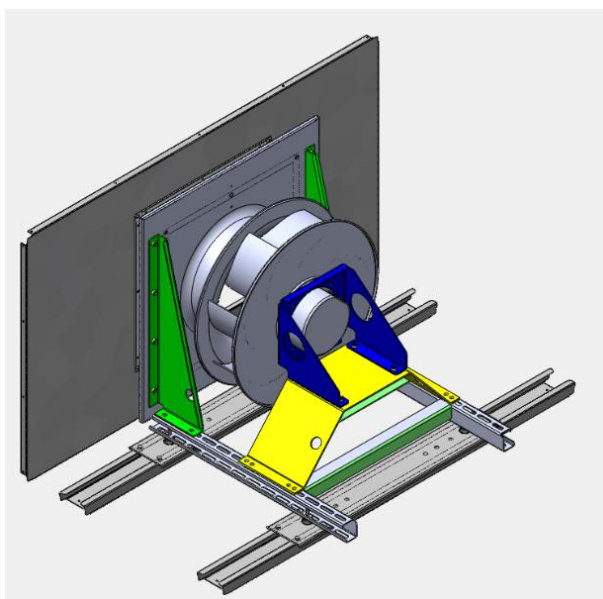
Šildymo kaloriferis (žr. 1.6 pav.) skirtas tiekiamam orui šildyti. Šiame įrenginyje per karštas vamzdžių sieneles ir prie vamzdžių pritvirtintas aliuminio plokšteles garo arba karšto vandens šiluma perduodama judančiam orui.



1.6 pav. Šildymo kaloriferis

Ventiliatoriai.

Ventiliatoriai (žr. 1.7 pav.) yra skirti sukelti oro judėjimą ortakiuose ir patalpose. Jie būna įvairių tipų, tačiau nagrinėjamo tipo vėdinimo įrenginiuose dažniausiai naudojami ...



1.7 pav. Ventiliatorius

Šilumos siurblio garintuvas.

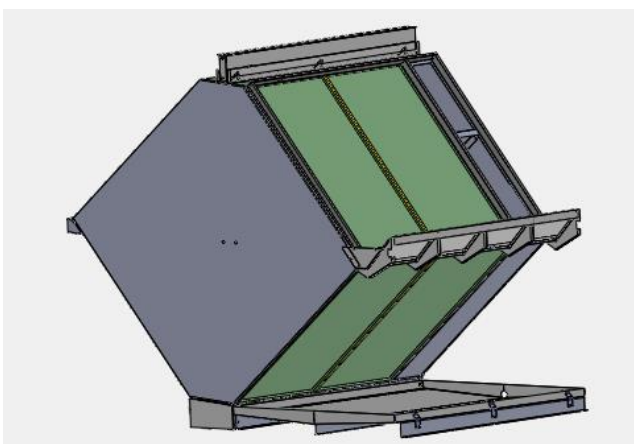
Šilumos siurblio garintuvas (žr. 1.8 pav.) naudojamas patalpų orui atšaldyti arba perteklinei energijai išmesti lauk.



1.8 pav. Garintuvas

Šilumokaitis.

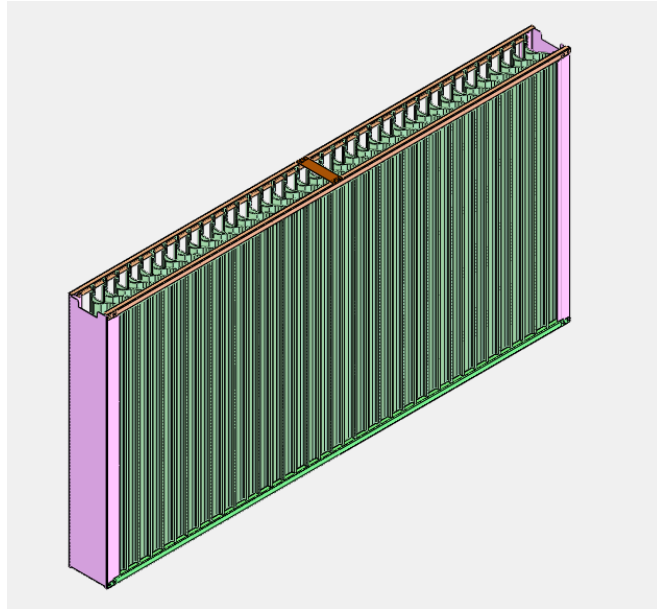
Šis įrenginys naudojamas šiluminei energijai iš ištraukiamo oro atgauti. Dažniausiai naudojami sukamieji ir plokšteliniai šilumokaičiai. Sukamieji šilumokaičiai naudojami, kai dalis ištraukiamo oro gali grįžti atgal ir yra pageidaujama, kad nemažėtų patalpų drėgmė. Plokšteliniai naudojami kai yra didesnis temperatūrų skirtumas tarp paduodamo ir ištraukiamo oro, kai nenorima, kad ištraukiamas oras grįžtu atgal. 1.9 pav. pateiktas plokštelinio šilumokaičio vaizdas.



1.9 pav. Šilumokaitis

Lašų gaudytuvas.

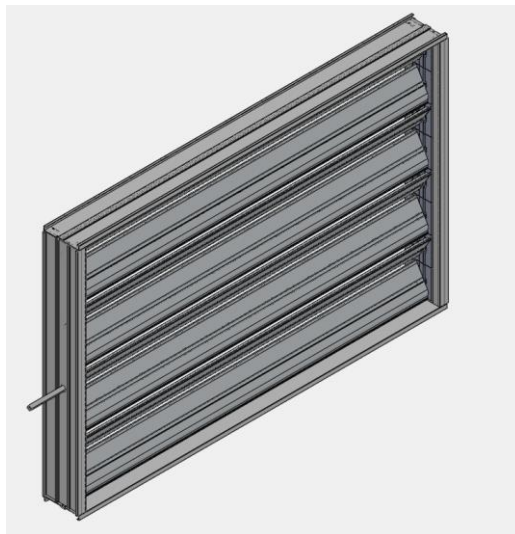
Lašų gaudytuvas (žr. 1.10 pav.) skirtas susidariusiam kondensatui surinkti.



1.10 pav. Lašų gaudytuvas

Sklendės.

Sklendės (žr. 1.11 pav.) naudojamos tiksliam oro srautui kontroliuoti.



1.11 pav. Sklendė

Apėjimo sklendė.

Apėjimo sklendė (žr. 1.12 pav.) naudojama, kai yra mažas temperatūrų skirtumas tarp paduodamo ir ištraukiamo oro, todėl šilumokaityje nevyksta šilumos mainai. Tokių atveju visas srautas yra leidžiamas per apėjimo sklendę, taip sumažinant slėgio nuostolius.

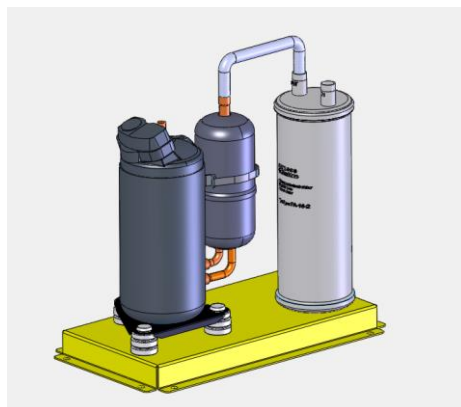


1.12 pav. Apėjimo sklendė

Kompresorius.

Kompresorius (žr. 1.13 pav.) – tai viena iš šilumos siurblio dalių. Jo paskirtis, suspausti, šilumos siurblio kontūre esantį freoną, kuris tampa dujinės būsenos ir dėl didelio suspaudimo, įkaista.

Kompresorius turi COP (efektyvumo) reikšmę, kuri parodo kiek kilovatvalandžių šilumos sugeba pagaminti šilumos siurblys iš vienos elektros kilovatvalandės.



1.13 pav. Kompresorius

1.3. Reikalavimai baseino patalpų mikroklimatui

Projektuojant baseinus, ir parenkant vėdinimo įrenginį turi būti atsižvelgta į galiojantį higienos normų standartą.

- Šiuo metu Lietuvoje galiojantis standartas - HN 109:2005 „Baseinai. Įrengimo ir priežiūros saugos sveikatai reikalavimai“. [3]
- Vokietijoje šiuo metu galioja „Technische Gebäudeausrüstung von Schwimmbädern Hallenbäder VDI 2089“ standartas. [4]

Reikalavimai vėdinimo sistemai:

27. <...> Turi būti suprojektuotos ir įrengtos tokios šildymo, vėdinimo ir (ar) oro kondicionavimo sistemos, kad visose patalpose būtų galima palaikyti 28 punkte nurodytus mikroklimato parametrus. Baseinų patalpų vėdinimas turi užtikrinti, kad cheminių medžiagų koncentracija baseino patalpose neviršytų teisės akte [16.7] nustatytos didžiausios leidžiamos cheminių medžiagų (teršalų) koncentracijos.

28. Patalpoje, kurioje įrengtas baseinas, oro temperatūra turi būti ne žemesnė kaip 26 °C ir ne aukštesnė kaip 32 °C, persirengimo patalpose, dušuose, tualetuose oro temperatūra turi būti ne žemesnė kaip 20 °C ir ne aukštesnė kaip 27 °C, santykinė oro drėgmė – nuo 35 proc. iki 65 proc., oro judėjimo greitis – 0,05–0,15 m/s.

29. Sporto renginių, varžybų metu patalpų, kuriose įrengtas baseinas, oro ir baseino vandens temperatūra gali būti nustatoma atsižvelgiant į sporto renginio, varžybų reikalavimus.

<...>

71. Baseino vandens temperatūra turėtų būti 25–32 °C, karšto vandens baseino vandens temperatūra – 36–40 °C, baseinų, skirtų atsivėsinti – ne didesnė nei 20 °C.<...>[3]

2. BASEINO PATALPOSE SUSIDRANATIS DRĖGMĖS KIEKIS

2.1. Baseino patalpose susidarančio drėgmės kiekio apskaičiavimo metodika

Norint apskaičiuoti tikslų drėgmės kiekį, kurį reikia pašalinti iš viduje esančio oro, pirmiausiai reikia baseino duomenų, t.y.:

1. Baseino tipo;
2. Baseino patalpos tūrio
3. Vandens paviršiaus ploto
4. Vandens temperatūros
5. Oro temperatūros
6. Norimos santykinės drėgmės
7. Atrakcionų, jei tokių yra pobūdžio ir kiekio

Skaičiavimai atlikti pagal Vokietijos VDI 2089 standarte pateiktas metodikas. [4]

Norint apskaičiuoti kokią drėgmę konkretus baseinas išskiria, pirmiausiai reikia parinkti vandens perkėlimo koeficientą.

Vandens perkėlimo koeficientas apibūdina, vandens garų srauto greitį, kuris susidaro ir teka per plonus oro sluoksnius (kitaip dar vadinamus ribiniais sluoksniais) netoli vandens paviršiaus. Papildomai apskaičiuojamas ir vandens garų slėgio skirtumas, tarp slėgio šalia vandens paviršiaus ir vandens garų slėgio toliau nuo vandens paviršiaus.

Nenaudojamiems baseinams, vandens perkėlimo koeficientas yra mažas.

Naudojamiems baseinams, įtaka vandens garų slėgio skirtumui bus tolygi. Priešingai bus su vandens perkėlimo koeficiento reikšme, kuri bus žymiai didesnė, kai baseino užimtumas yra didelis. Tai yra dėl paviršiaus banguotumo. Baseinuose su atrakcionais, bangos susidaro nuo lankytojų judėjimo.

Empirinės vandens perkėlimo reikšmės, skirtingiems baseinų tipams pateiktos 2.1.1 lentelėje. [4]

2.1.1 lentelė Vandens perkėlimo koeficientas pagal baseino tipą

Baseino tipas:	Nenaudojamam baseinui (m/h)	Naudojamam baseinui (m/h)
Baseinas su vandens uždanga	0,7	-
Privatus baseinas	7	21
Viešas baseinas, kai baseino gylis daugiau nei 1.35m.	7	28
Viešas baseinas, kai baseino gylis mažiau nei 1.35m.	7	40
Banguojantis baseinas	7	50
Baseinas su čiuožyklomis	-	50

Išgaruojančio vandens kiekis veikiančiam/neveikiančiam baseinui apskaičiuojamas: [4]

$$M_{D,B,u/b} = \frac{\beta_{u/b}}{R_D \cdot T} \cdot (P_{D,W} - P_{D,L}) \cdot A_B \quad [1]$$

Čia

$M_{D,B,u/b}$ - išgaruojančio vandens kiekis nenaudojamam baseinui $M_{D,B,u}$ arba išgaruojančio vandens kiekis naudojamam baseinui $M_{D,B,b}$ (kg/h)

β_u, β_b – vandens perkėlimo koeficientas veikiančiam/neveikiančiam baseinui (m/h) (lentelė 2.1.1)

R_D – dujų konstanta vandens garams ($R_D = 461,52 \text{ J/kg}$)

T – aritmetinis oro ir vandens temperatūrų vidurkis (K)

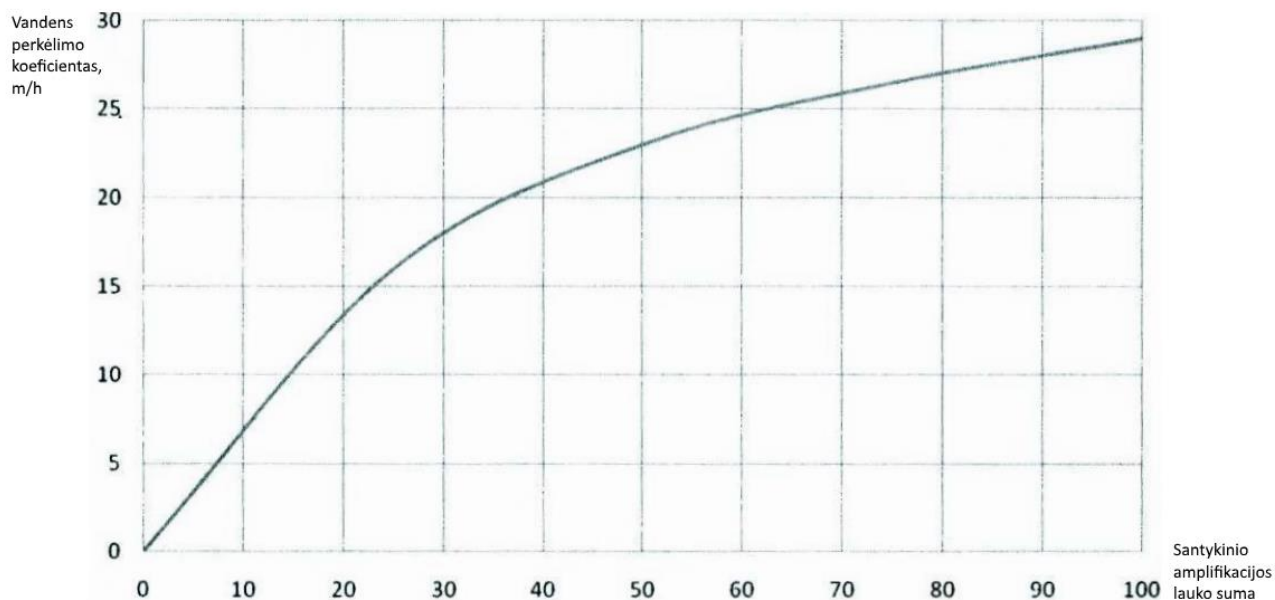
$P_{D,W}$ - prisotinimo slėgis, vandens temperatūros garams (Pa) Slėgio skirtumas nuo vandens temperatūros pateiktas 2.1.2 Pav.

$P_{D,L}$ - vandens garų slėgis, baseino patalpoje (Pa)

A_B – Baseino vandens paviršiaus plotas (m^2)

Taip pat, reikia įvertinti ir kiekvieno atrakciono sukeltą vandens perkėlimo koeficieno padidėjimą.

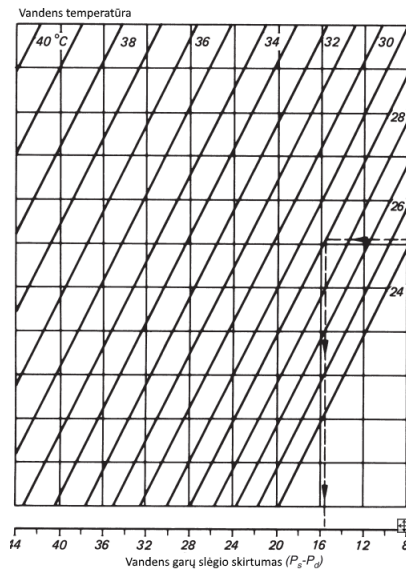
Kiek vandens perkėlimo koeficientas padidėja priklausomai nuo atrakcionų pobūdžio ir jų kiekio galime matyti pagal 2.1.1 paveikslėlyje pateiktą grafiką. Koks kiekvieno iš atrakcionų, tikslus santykinis amplifikacijos laukas pateikta 2.1.2 lentelėje. [4]



2.1.1 pav. Vandens perkėlimo koeficiento priklausomybė nuo atrakcionų kiekio [4]

2.1.2 lentelė Atrakcionų amplifikacijos laukai

Nr.	Atrakcionas	Santykinis amplifikacijos laukas
1	Vandens kanalas	30
2	Grybo formos fontanas	5
3	Pasipriešinimo srovė	20
4	Dušas kaklo masažui	6
5	Povandeninės srovės	4
6	Burbulinis fontanas	3
7	Geizeris	3
8	Čiuožykla vaikams	3
9	Masažo zona	4
10	Poilsio kėdė	2
11	Kėdė	2



2.1.2 pav. Vandens garų slėgio skirtumas pagal vandens temperatūrą [4]

Visas vandens perkėlimo koeficientas naudojamam baseinui su atrakcionais apskaičiuojamas: [4]

$$\beta_{b,ges} = \beta_b + \Delta\beta_{A,max} \quad [2]$$

Čia:

$\beta_{b,ges}$ – vandens perkėlimo koeficientas baseinui su atrakcionais, m/h

β_b – vandens perkėlimo koeficientas baseino, be atrakcionų, m/h (Reikšmė iš 2.1.1 letelės, pagal baseino tipą).

$\Delta\beta_{A,max}$ – vandens perkėlimo koeficientas atskiriems atrakcionams, m/h (Reikšmė pagal 2.1.1 Pav.)

Išgaruojančio vandens kiekis veikiančiam baseinui apskaičiuojamas: [4]

$$M_{D,B+A,b} = \frac{\beta_{b,ges}}{R_D \cdot T} \cdot (P_{D,W} - P_{D,L}) \cdot A_B \cdot M_{D,L} \quad [3]$$

Čia

$M_{D,B+A,b}$ - išgaruojančio vandens kiekis naudojamam baseinui su atrakcionais, kg/h

$\beta_{b,ges}$ - vandens perkėlimo koeficientas veikiančiam baseinui su atrakcionais, m/h
(Iš 2 formulės)

R_D - dujų konstanta vandens garams ($R_D = 461,52 \text{ J/kg}$)

T - aritmetinis oro ir vandens temperatūrų vidurkis (K)

$P_{D,W}$ - prisotinimo slėgis, vandens temperatūros garams (Pa)

$P_{D,W}$ - vandens garų slėgis, baseino patalpoje (Pa)

A_B - Baseino vandens paviršiaus plotas (m^2)

$M_{D,L}$ - Vandens garų išsiskyrimas naudojant atrakcionus su oro patekimu į vandens masės srautą, kg/h

Atrakcionų su oro patekimu į vandens masės srautą apskaičiavimo procesas:

Tokiu atveju, jei naudojant atrakcioną, dalis oro patenka į vandens masės srautą, garų išsiskyrimas taip pat turi būti įvertinamas. [4]

$$M_{D,L} = M_L \cdot (X_{D,W} - X_{D,L}) \quad [4]$$

Čia:

$M_{D,L}$ - Vandens garų išsiskyrimas naudojant atrakcionus su oro patekimu į vandens masės srautą, kg/h

M_L - oro patekimo srautas, kg/h

$X_{D,W}$ - vandens garų kiekis oro patekimo vandens sraute, kg/h (pamatinė vertė: sotis oro kiekis vandens garams, prie baseino vandens temperatūros)

$X_{D,L}$ - vandens garų kiekis baseino patalpoje, kg/kg

Čiuožyklų ir „laukinio vandens kanalo“ apskaičiavimas: [4]

$$M_{D,A} = \frac{\beta_b}{R_D \cdot T} \cdot (P_{D,W} - P_{D,L}) \cdot L_A \cdot B_A \quad [5]$$

Čia:

$M_{D,A}$ - išgaruojančio vandens kiekis atrakcionui, (kg/h)

β_b – vandens perkėlimo koeficientas, (m/h) (Iš 2.1.1 lentelės)

R_D – dujų konstanta vandens garams ($R_D = 461,52 \text{ J/kg}$)

T – aritmetinis oro ir vandens temperatūrų vidurkis (K)

$P_{D,W}$ - prisotinimo slėgis, vandens temperatūros garams (Pa)

$P_{D,L}$ - vandens garų slėgis, baseino patalpoje (Pa)

L_A – čiuožykloje tekančio vandens srauto ilgis, (m)

B_A – vidutinis čiuožykloje tekančio vandens pločio srautas, (m)

Išgaruojančio vandens kiekis ne darbo valandomis:

Išgaruojančio vandens masės srautas, ne darbo valandomis yra lygus sumai, visų individualių baseinų išgaruojančio vandens masės srautui. Pagal baseinų veikimo praktiką, atrakcionai, turėtų būti išjungti. Baseinas su čiuožyklomis, laukinio vandens kanalo atrakcionas ir kt. turėtų būti tušti (be vandens). Baseinai su vandens uždanga, turėtų būti uždengti. Skaičiavimuose reikia naudoti uždengto baseino reikšmę. [4]

$$M_{D,N,ges} = \sum_{i=1}^n M_{D,B,u,i} + \sum_{i=1}^n M_{D,B+A,u,i} \quad [6]$$

Čia:

$M_{D,N,ges}$ – bendras išgaruojančio vandens kiekis ne darbo valandomis, (kg/h)

$M_{D,b,u,i}$ – išgaruojančio vandens kiekis, neveikiančiam baseinui neįtraukiant atrakcionų, (kg/h)

$M_{D,B+A,u,i}$ - išgaruojančio vandens kiekis, neveikiančiam baseinui įtraukiant neveikiančius atrakcionus, (kg/h)

Minimalus išgaruojančio vandens kiekis, darbo valandomis:

Minimalus išgaruojančio vandens kiekis, darbo valandomis ($M_{D,O,min}$) yra lygus visų baseinų išgaruojančio vandens kiekio sumai, kai baseinai neveikia, bet yra užpildyti vandeniu ir vandens uždanga yra nuimta. [4]

$$M_{D,O,min} = \sum_{i=1}^n M_{D,B,u,b,i} + \sum_{i=1}^m M_{D,B+A,u,i} + \sum_{i=1}^k M_{D,A,i} \quad [7]$$

Čia:

$M_{D,B,u}$ - išgaruojančio vandens kiekis naudojamam baseinui, neįtraukiant papildomos įrangos (kg/h)

$M_{D,B+A,u}$ - išgaruojančio vandens kiekis naudojamam baseinui, įtraukiant papildomą įrangą (kg/h)

$M_{D,A}$ - išgaruojančio vandens kiekis atskiriems atrakcionams (kg/h)

Maksimalus išgaruojančio vandens kiekis, darbo valandomis apskaičiuojamas:

Maksimalus išgaruojančio vandens kiekis, darbo valandomis ($M_{D,O,max}$) yra lygus visų baseinų išgaruojančio vandens kiekio sumai, kai baseinai veikia ir papildomų atrakcionų išgaruojančio vandens kiekio sumai. [4]

$$M_{D,O,max} = \sum_{i=1}^n M_{D,B,b,i} + \sum_{i=1}^m M_{D,B+A,b,i} + \sum_{i=1}^r M_{D,A,i} \quad [8]$$

Čia

$M_{D,B,b}$ - išgaruojančio vandens kiekis naudojamam baseinui, neįtraukiant papildomos įrangos (kg/h)

$M_{D,B+A,b}$ - išgaruojančio vandens kiekis naudojamam baseinui, įtraukiant papildomą įrangą (kg/h)

$M_{D,A}$ - išgaruojančio vandens kiekis atskiriems atrakcionams (kg/h)

Pagal apskaičiuotą maksimalų išgaruojančio vandens kiekį, turi būti parenkamas vėdinimo įrenginys, kad baseine būtų užtikrinta tinkamas drėgmės kiekis. Kaip kinta tvankumo riba priklausomai nuo santykinio drėgnumo, temperatūros ir vandens garų slėgio orę, parodyta grafike 2.1.3 Pav.

Reikiamo oro srauto apskaičiavimas baseino patalapai:

Lauko oro masės srautas ($M_{A,S}$) turi būti tiekiamas atsižvelgiant ir į garų kiekį lauko oro, esant drėgniausiam vasaros mėnesiui. Formulė: [4]

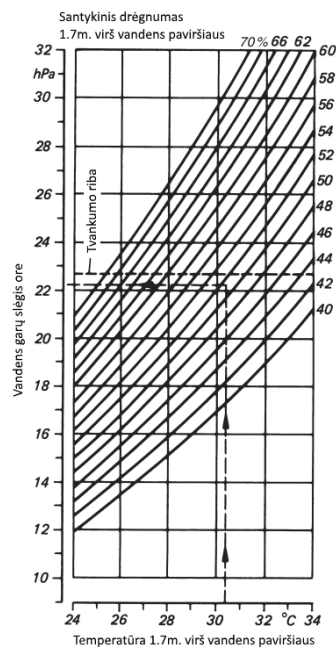
$$M_{A,S} = \frac{M_{D,O,max}}{X_{D,L} - X_{D,A}}; \text{ čia} \quad [9]$$

Čia:

$M_{A,S}$ – lauko oro masės srautas, (kg/h)

$X_{D,L}$ – Vandens garų kiekis baseino patalpoje, (kg/kg)

$X_{D,A}$ – Vidutinis vandens garų kiekis lauko ore, (kg/kg)



2.1.3 pav. Tvankumo riba [4]

2.2. Drėgmės kiekio apskaičiavimo pavyzdys

Baseino patalpose susidarančios drėgmės kiekis, buvo apskaičiuotas baseinui, kurio ilgis 25m., plotis 15m. Vandens paviršiaus plotas 375m^2 . Tai dažniausiai sutinkamo vandens paviršiaus ploto baseinas, skirtas sportui. Baseino patalpos ilgis – 35m., plotis 20m., patalpos aukštis 5m. Tūris apie 3500m^3 .

Vandens perkėlimo koeficientas parinktas viešam baseinui, kurio gylis iki 1.35m., reikšmė lygi 40 m/h.

Baseino parametrai apskaičiuoti be atrakcionų.

Vandens ir oro temperatūra ir drėgmė baseino patalpoje buvo parinkti pagal standarte esančius reikalavimus:

- Vandens temperatūra 28°C .
- Oro temperatūra parinkta 2 laipsniais didesnė nei vandens, t.y. 30°C .
- Drėgmė baseino patalpoje 54%.

Gauti rezultatai pateikti 2.2.1 lentelėje:

2.2.1 lentelė Apskaičiuoti rezultatai

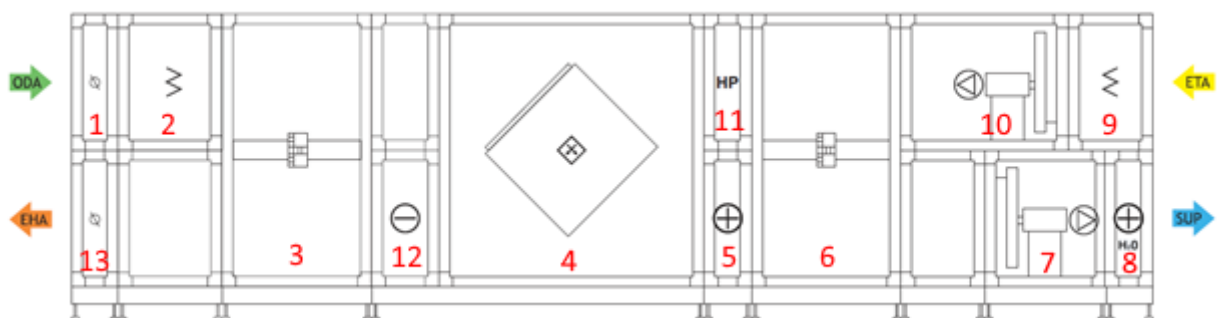
Apskaičiuotas dydis	Reikšmė	Matavimo dydis
Prisotinimo slėgis, vandens garams	37.8	mbar
Vandens garų slėgis	25.7	mbar
Maksimalus išgaruojantis vandens kiekis	129.87	kg/h
Maksimalus oro srautas	15763	m^3/h

3. VĖDINIMO ĮRENGINIO BANDYMAI

3.1. Tiriamo vėdinimo įrenginio sandara

Tiriamo vėdinimo įrenginio sandara (žr. 3.1.1 pav.):

- 1 Sklendė.
- 2 Filtras.
- 3 Pamaišymo sekcija.
- 4 Šilumokaitis.
- 5 Kondensatorius.
- 6 Pamaišymo sekcija.
- 7 Ventiliatorius.
- 8 Vandeninis kaloriferis.
- 9 Filtras.
- 10 Ventiliatorius.
- 11 Kompresorius.
- 12 Garintuvas.
- 13 Sklendė.



3.1.1 pav. Vėdinimo įrenginio schema

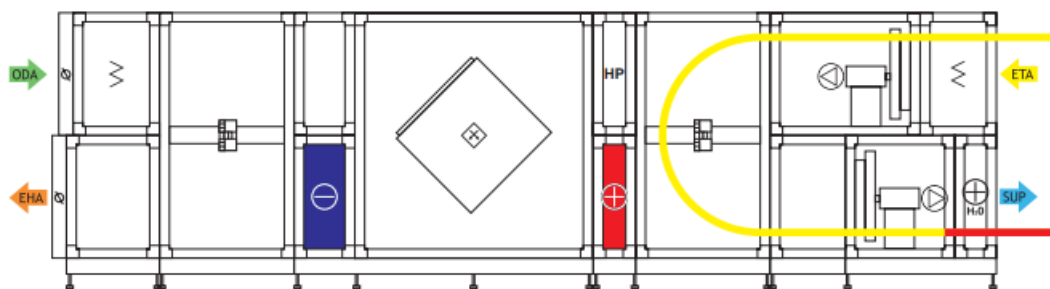
3.2. Įrenginio valdymo programos

Norint užtikrinti tinkamą mikroklimatą baseino patalpose, vėdinimo įrenginys turi veikti skirtingomis programomis, priklausomai nuo esamų baseino ir lauko oro parametrų. Tai turi būti užtikrinama automatinėmis programomis, kurios būtų paleidžiamos priklausomai nuo įvestų ir aplinkos parametrų. Išmanus valdymas, priklausantis nuo nustatymų bei oro parametrų, automatiškai užtikrina kokybę: šalina perteklinę drėgmę, tiekia šviežią orą, sugrąžina didžiąją dalį šalinamo oro šilumos bei palaiko reikalingą tiekiamo oro temperatūrą.

Norint visada baseino patalpose užtikrinti tinkamą mikroklimatą, parengtos 6 valdymo programos.

Programa P1.1

Srautas – visas oras imamas tik iš vidaus, veikia tik vienas (padavimo) ventiliatorius 30% savo pajėgumo. Programa naudojama naktį, kai baseine nėra žmonių ir nereikia paduoti oro iš lauko, t.y. neprarandama energija šildymui. Iš baseino ištraukiamas oras, jei reikia, pašildomas ir paduodamas atgal į baseiną. Šiai programai reikia minimalių energijos sąnaudų, kad baseino patalpoje nenusistovėtų oras ir būtų palaikoma nuolatinė temperatūra. Šilumos siurblys, taikant šią programą, neveikia.

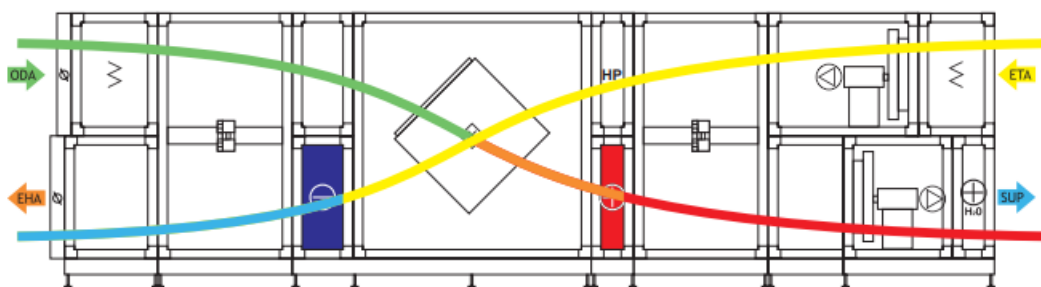


3.2.1 pav. Programos P 1.1 grafiškas vaizdavimas

Programa P2.1

Srautas – nuo 30% iki 100% oro iš lauko. Programa naudojama dieną, esant aukštam drėgmės lygiui, kai baseine yra žmonių. Iš lauko pagal būtiną nusausinimo

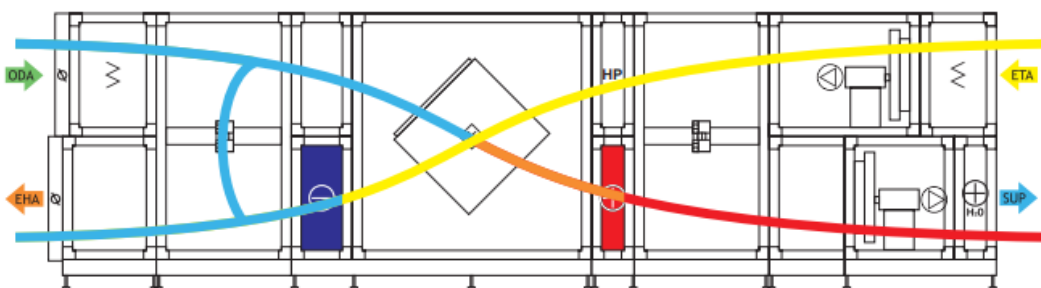
kiekį gali būti tiekiami iki 100% oro (paduodant daugiau oro iš lauko, gaunamas sausesnis oras. Lauko oras, susimaišęs su dalimi atšaldyto su šilumos siurblio vidaus oro, pašildomas ir nusausinamas šilumokaityje, pašildomas šilumos siurbliu, jei reikia, papildomai pašildomas šildytuve. Ši programa užtikrina reikalingą kiekį šviežio oro, padeda išlaikyti pageidaujamą oro drėgmės lygį baseino patalpoje, be to, dėl didelio kompresorių darbo efektyvumo mažėja energijos sąnaudos.



3.2.2 pav. Programos P 2.1 grafiškas vaizdavimas

Programa P3.1

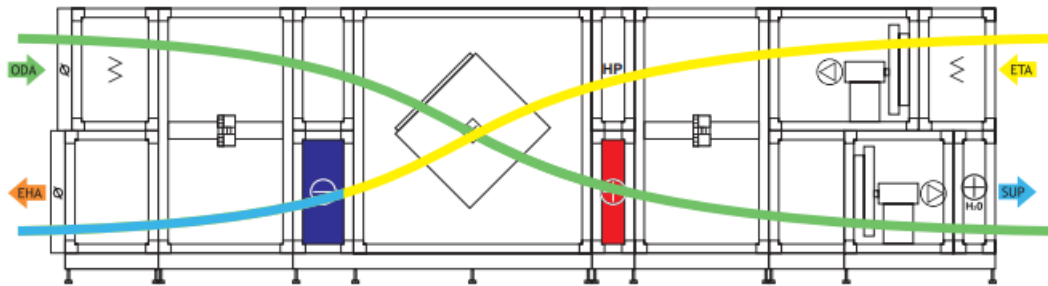
Srautas – 30% oro iš lauko. Programa naudojama dieną, kai baseine yra žmonių. Tai pagrindinis režimas, kuris užtikrina gerą sausavimo lygį, pakankamą dalį šviežio oro pagal higienos normas pašildomas ir nusausinamas šilumokaityje, pašildomas su šilumos siurbliu, ir jei reikia, papildomai pašildomas šildytuve. Ši programa užtikrina reikalingą kiekį šviežio oro, padeda išlaikyti pageidaujamą oro drėgmės lygį baseino patalpoje bei dėl aukšto kompresorių darbo efektyvumo mažėja energijos sąnaudos.) bei sutaupoma dalis energijos. Lauko oras susimaišo su atšaldytu šilumos siurbliu vidaus oru.



3.2.3 pav. Programos P 3.1 grafiškas vaizdavimas

Programa P4.1

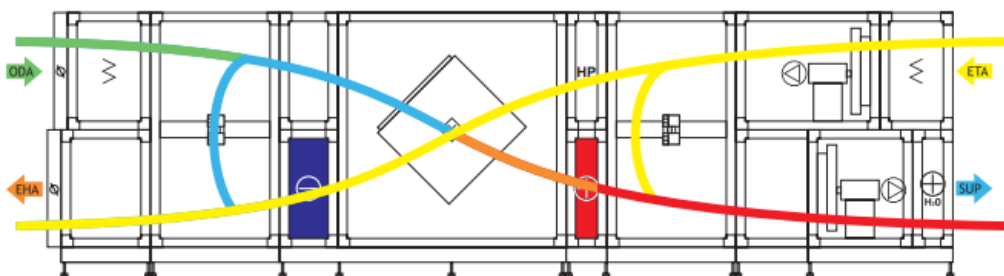
Srautas – 100% oro iš lauko, patenkančio per aptakos sklendę. Programa naudojama vasarą, dienos metu, kai baseine yra žmonių. Dėl mažo lauko ir vidaus oro temperatūrų skirtumo šilumos mainai nevyksta, todėl visas srautas leidžiamas per aptakos sklendę. Šilumos siurblys veikia tik tada, kai reikia pašildyti tiekiamą orą.



3.2.4 pav. Programos P 4.1 grafiškas vaizdavimas

Programa P5.1

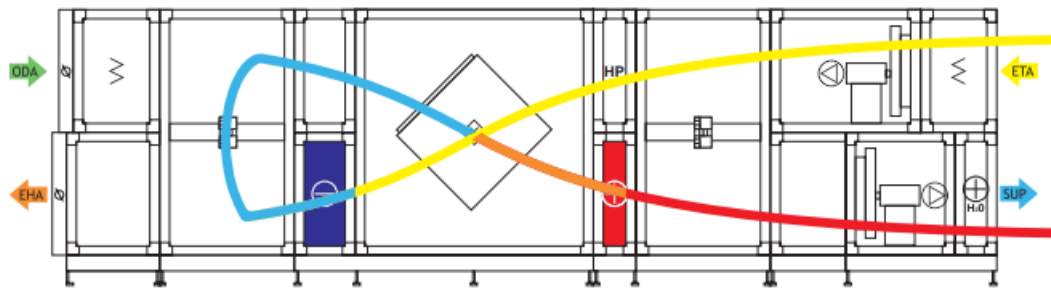
Srautas – 30% oro iš lauko; 30% gražinama prieš šilumokaitį (jis nusausinamas); 40% - už šilumokaitį (režimai veikia ciklais). Programa naudojama dieną, esant žemam drėgmės lygiui, kai baseine yra žmonių. Lauko oras prieš šilumokaitį susimaišo su atšaldytu šilumos siurbliu vidaus oru, pašildomas ir nusausinamas šilumokaityje, susimaišo su dalimi karšto ir drėgno iš baseino ištraukto oro, ir jei reikia, papildomai pašildomas šildytuve. Ši programa užtikrina reikalingą lygį šviežio oro, padeda išlaikyti pageidaujamą oro drėgmės lygį baseino patalpoje bei sutaupo didelę dalį energijos. Ciklo metu, kai leidžiamas lauko oras, šilumos siurblys veikia. Kai lauko oras netiekiamas šilumos siurblys neveikia.



3.2.5 pav. Programos P 5.1 grafiškas vaizdavimas

Programa P6.1

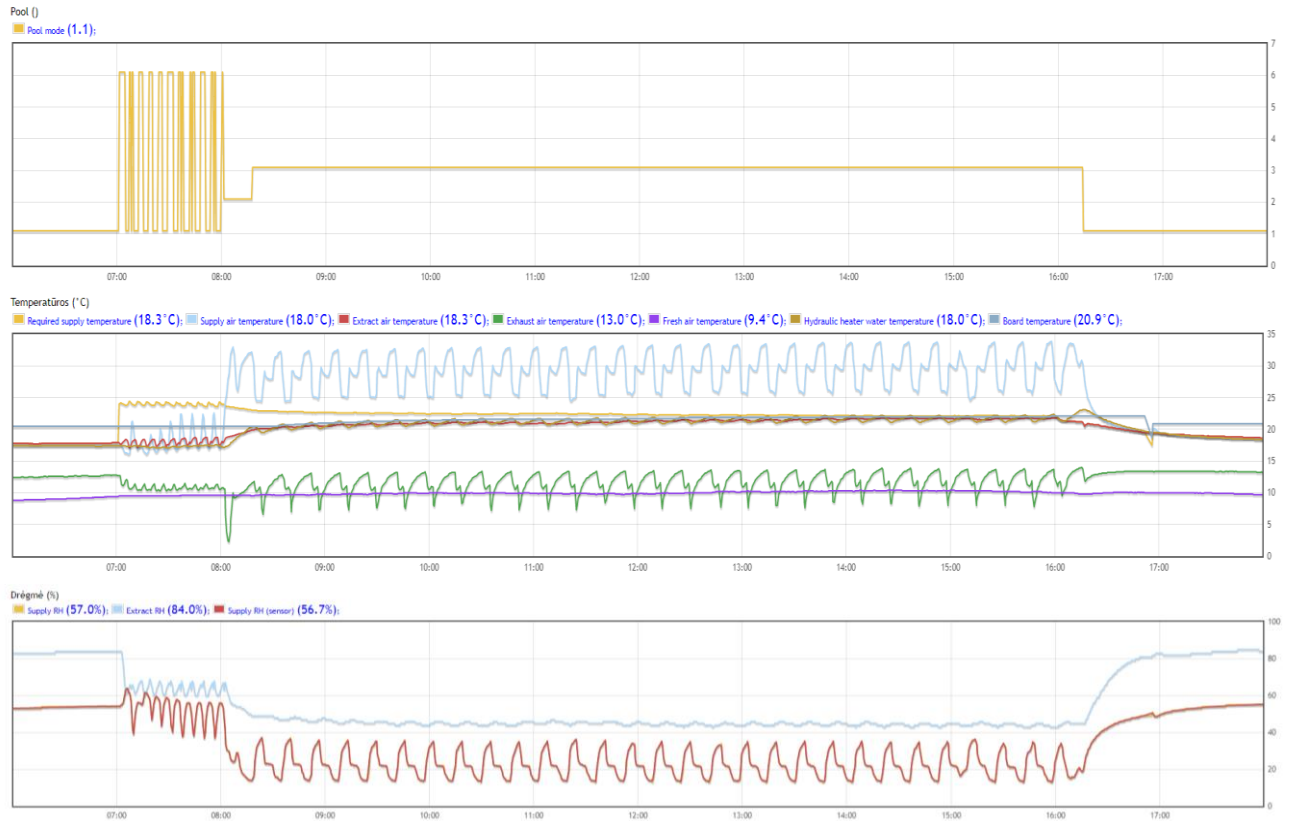
Srautas – 100% oro iš vidaus. Šilumos siurblys veikia ir sausina orą. Programa naudojama naktį, esant aukštam drėgmės lygiui baseino patalpoje. Šiltas ir drėgnas oras iš baseino pereina šilumokaitį, tada yra atšaldomas šilumos siurbliu, pašildomas ir nusausinamas šilumokaityje, pašildomas šilumos siurbliu ir, jei reikia, gali būti dar pašildomas šildytuvu.



3.2.6 pav. Programos P 6.1 grafiškas vaizdavimas

3.3. Tyrimo parametrų monitoringas ir analizė

3.3.1. 2017 m. lapkričio 1 d. duomenų monitoringas ir analizė



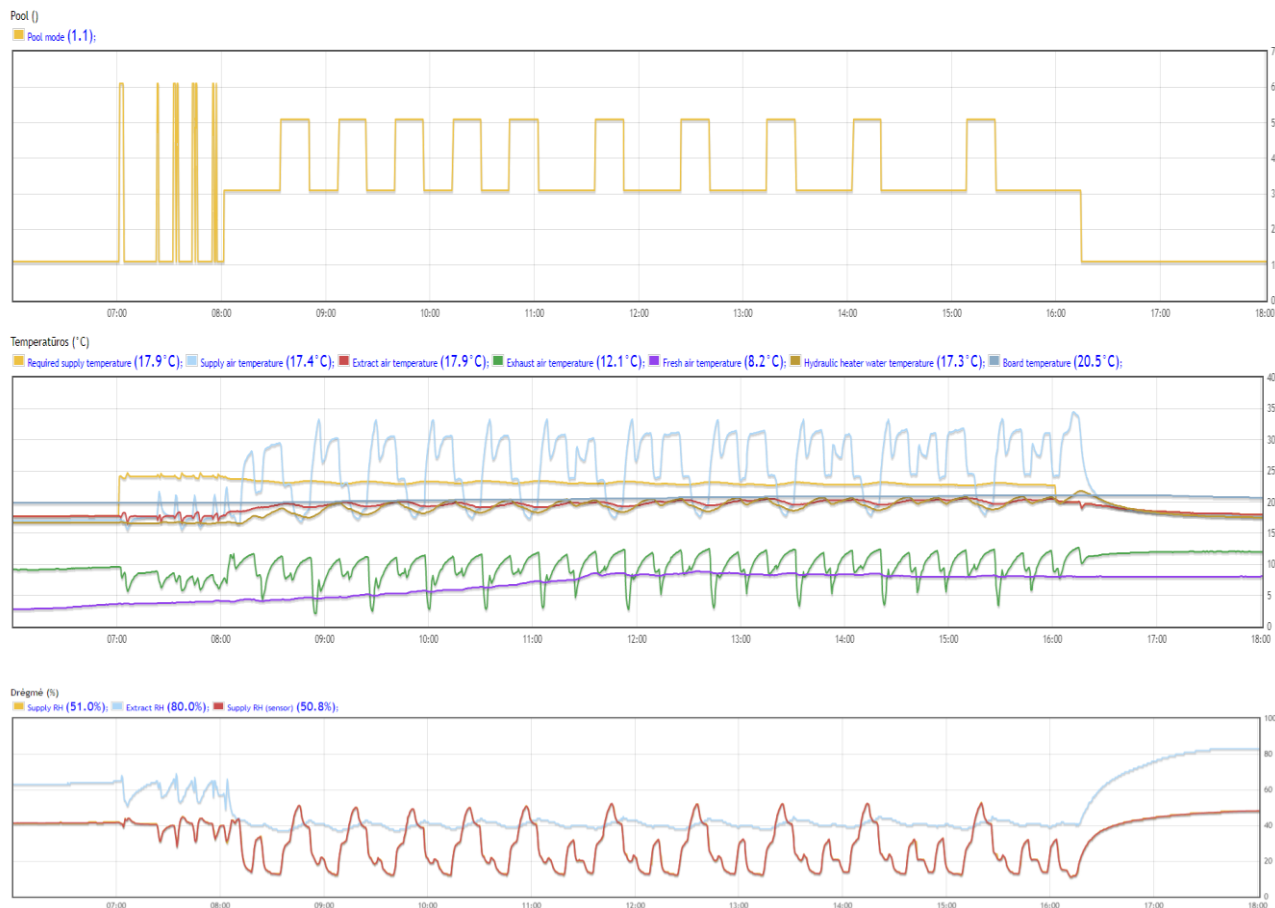
3.3.1 pav. Lapkričio 1 d. duomenų grafikai

Įrenginys pradeda veikti 7 h ryto. Kadangi tai nedarbo laikas, pagal drėgmės kiekį (83 %) įsijungia P6.1 programa, kuri mažina drėgmę, nedarbo metu. Drėgmei nukritus iki 60 % įsijungia programa P1.1, kuri tik palaiko esamą temperatūrą ir pamaišo orą (neleidžia jam nusistovėti). Pakylant drėgmės kiekiui ore, vėl įsijungia programa P6.1 ir sumažinus drėgmę iki pageidaujamos ribos (60 %) vėl įsijungia P1.1 programa.

Kai prasideda darbo laikas (8 h), įsijungia programa priklausomai nuo drėgmės kiekio, esančio baseino patalpoje. Konkrečiai šiuo atveju, matome, kad drėgmė gana aukšta (65 %), todėl įsijungia P2.1 programa, kuri greit sumažina drėgmę (iki 50 %). Drėgmei pasiekus reikiama lygį, įsijungia ekonomiškesnė programa P3.1. Pasibaigus darbo laikui (16 h 15 min.), vėl įsijungia P1.1 arba P6.1 programos.

Viso testavimo metu nuo 16 h 15min. iki kitos dienos 7 h ryto buvo priverstinai nustatyta programa P1.1

3.3.2. 2017 m. lapkričio 3 d. duomenų monitoringas ir analizė



3.3.2 pav. Lapkričio 3 d. duomenų grafikai

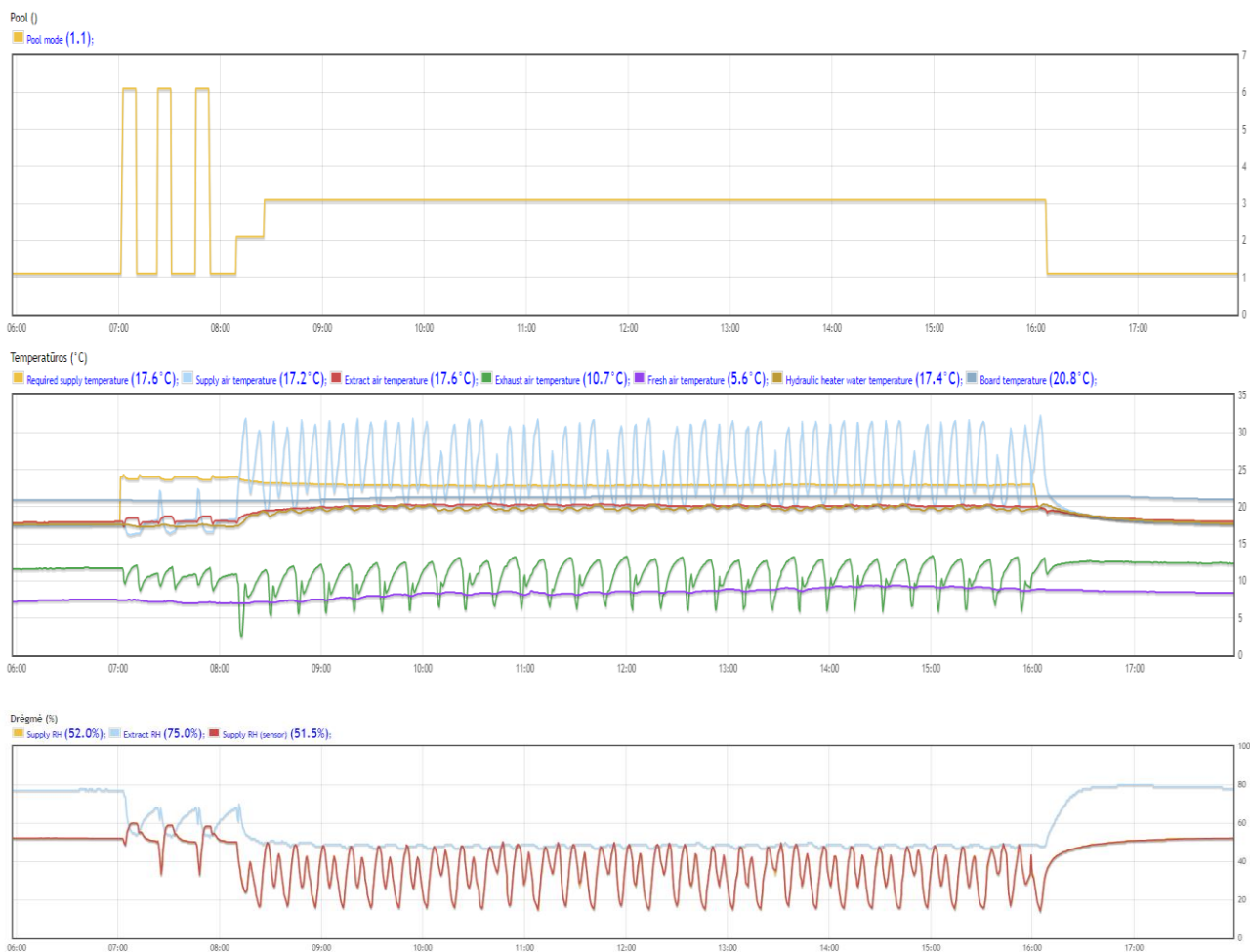
Įrenginys pradeda veikti 7 h ryto. Kadangi tai nedarbo laikas, pagal drėgmės kiekį (65 %) įsijungia P6.1 programa, kuri mažina drėgmę, nedarbo metu. Drėgmei nukritus įsijungia programa P1.1, kuri tik palaiko esamą temperatūra ir pamaišo orą (neleidžia jam nusistovėti). Pakylant drėgmės kiekiui ore, vėl įsijungia programa P6.1 ir sumažinus drėgmę iki pageidaujamos ribos vėl įsijungia P1.1 programa.

Kai prasideda darbo laikas (8 h), įsijungia programa priklausomai nuo drėgmės kiekio, esančio baseino patalpoje. Šiuo atveju, matome, kad santykinė drėgmė baseino

patalpoje (55%), todėl įsijungia P3.1 programa, kuri užtikrina, kad į patalpas būtų paduodamas privalomas kiekis šviežio lauko oro (pagal higienos normas).

Patalpose santykinei drėgmei sumažėjus iki 36% įsijungia programa P5.1, kuri didina drėgmės kiekį. Pasiekus tinkamą lygį vėl įsijungia programa P3.1, kuri ekonomiškai u-tikrina tinkamą mikroklimatą. Programos tarpusavyje keičiasi iki darbo pabaigos, ir tada vėl įsijungia palaikymo programa P1.1.

3.3.3. 2017 m. lapkričio 5 d. duomenų monitoringas ir analizė



3.3.3 pav. Lapkričio 5 d. duomenų grafikai

Įrenginys pradeda veikti 7 h ryto. Kadangi tai nedarbo laikas, pagal drėgmės kiekį (78 %) įsijungia P6.1 programa, kuri mažina drėgmę, nedarbo metu. Drėgmei nukritus įsijungia programa P1.1, kuri tik palaiko esamą temperatūra ir pamaišo orą (neleidžia

jam nusistovėti). Pakylant drėgmės kiekiui ore, vėl įsijungia programa P6.1 ir sumažinus drėgmę iki pageidaujamos ribos vėl įsijungia P1.1 programa.

Šiame testavime matome pakeistą valdymo algoritmą, kuriame yra prailgintas programų veikimo laikas, t.y. programos gali keistis, tik pilnai atlikusios visa programos ciklą. Todėl matome žymiai retesnę programų persijungimą, kas įrenginiui leidžia dirbti stabiliau, pilnai pereinant iš vienos programos į kitą.

Kai prasideda darbo laikas (8 h), įsijungia programa priklausomai nuo drėgmės kiekio, esančio baseino patalpoje. Šiuo atveju, matome, kad santykinė drėgmė baseino patalpoje apie 55 %, todėl įsijungia P3.1 programa, kuri užtikrina, kad į patalpas būtų paduodamas privalomas kiekis šviežio lauko oro (pagal higienos normas).

Kadangi pakeitus valdymo algoritmą, sistema stabiliau veikia, todėl matome mažesnius drėgmės pokyčius, ko pasekoje, P3.1 programa ekonomiškai užtikrina tinkamą mikroklimatą.

Programa veikia iki darbo pabaigos, ir tada vėl įsijungia palaikymo programa P1.1.

IŠVADOS

1. Darbe nagrinėjamas baseino patalpoms skirtas vėdinimo įrenginys, jo darbo režimai, pateikiama išsiskiriančio drėgmės kiekio apskaičiavimo metodika, atliekamas įrenginio, valdomo skirtingomis programomis, darbo įvertinimas.

2. Pateikta drėgmės apskaičiavimo metodika, leidžia tiksliai parinkti reikiamus vėdinimo įrenginio komponentų galingumus.

3. Nustatyta, kad pirmomis testavimo dienomis, dėl greito drėgmės pokyčio ties pasirinkta drėgmės riba, programos per dažnai persijunginėja, neatlikdamos pilno joms numatyto proceso.

4. Nuspręsta įrenginio automatiniam valdyme atlikti pakeitimus valdymo algoritme, kurie neleistų pasikeisti valdymo programai, iki pilno ciklo pabaigos. Šie pakeitimai leido užtikrinti stabilų ir patikimą įrenginio veikimą.

LITERATŪRA

1. **GURSKIS, Vincas** et al. *Efektyvus energijos vartojimo pastatuose vadovas* [interaktyvus]. Kaunas, Lietuvos Respublikos ūkio ministerija, 2008 m. 93 p. ISBN 978-9955-751- 20-5. [interaktyvus] [Žiūrėta 2018 kovo 22 d.]. Prieiga per internetą: <www.ena.lt/doc_atsti/EE_vadovas.pdf>.
2. **E. Juodis**. *Vėdinimas: vadovėlis*. Vilnius: Technika, 2008. 400p.
3. **Lietuvos higienos normos HN 109:2005** „*Baseinai. įrengimo ir priežiūros saugos sveikatai reikalavimai*“. [interaktyvus] [Žiūrėta 2018 sausio 13 d.] Prieiga per internetą <<https://www.e-tar.lt/portal/lt/legalAct/7914b4a0b57511e6aae49c0b9525cbbb>>
4. **VDI 2089: Building services in swimming baths – Indoor pools**. Duesseldorf, VDI-Verlag 2010.
5. **Dantherm**. *Baseino patalpų oro valdymo principai*. [interaktyvus]. [Žiūrėta 2017 balandžio 3 d.] Prieiga per internetą: <<https://www.dantherm.com/media/1931703/swimming-pool-air-management-danx-brochure.pdf>>
6. **Systemair**. *Menerga air handling unit overview* [interaktyvus] [Žiūrėta 2017 balandžio 3 d.] Prieiga per internetą <https://www.systemair.com/globalassets/downloads/uk/menerga-systemoverview.pdf>
7. **Ekoventum**. *Rekuperatorių tipai* [interaktyvus]. [Žiūrėta 2017 rugsėjo 15d.] Prieiga per internetą < <http://www.ekoventum.lt/vedinimas/mechaninis-vedinimas/rekuperacija/rekuperatoriu-tipai> >
8. **ASHRAE Handbook**. *HVAC Systems and Equipment*, 2008.
9. **ABEL, E., ELMOTH, A**. *Buildings and energy - a systemic approach* Forskningsrådet Formas, 2007, Sweden, Stockholm, 285 p. 978-91-540-5997-3.
10. **STR 2.09.02:2005** *Šildymas, vėdinimas ir oro kondicionavimas*. [interaktyvus]. Vilnius, 2005 m. 51 p. [Žiūrėta 2017 gruodžio 3 d.]. Prieiga per internetą: <www3.lrs.lt/pls/inter3/oldsearch.preps2?Condition1=257930&Condition2=>>.

PRIEDAI

1 Priedas. Tyrimui naudotas vėdinimo įrenginys



2 Priedas. Dalyvavimas konferencijoje



ŠIAULIŲ
UNIVERSITETAS

PAŽYMĖJIMAS

Reg. Nr. INZK-7-40

2018 gegužės 17 d.
Šiauliai

Zakaitis Adomas

dalyvavo

Šiaulių universiteto Inžinerijos katedros

13-oje mokslinėje konferencijoje „Studentų moksliniai darbai“

ir skaitė pranešimą tema

Baseino patalpų vėdinimo įrangos eksploatacinių parametru tyrimas

Organizacinio komiteto pirmininkė

dr. Ramunė Klevaitytė