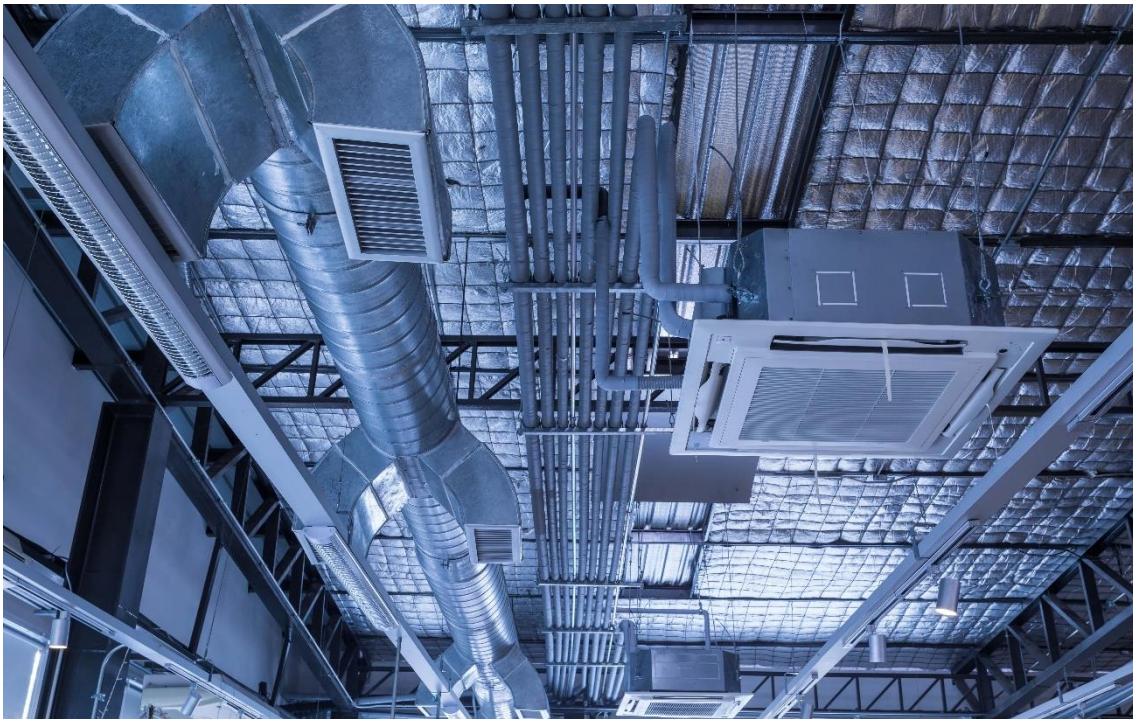


Erasmus+ Projektas ID: 2023-1-ES01-KA220-HED-000156652

Finansuojama Europos Komisijos lėšomis. Tačiau išreiškiamas požiūris ar nuomonė yra tik autoriaus (-ių) ir nebūtinai atspindi Europos Komisijos ir Erasmus+ Nacionalinės agentūros požiūrį ar nuomonę. Nei Europos Komisija, nei Erasmus+ Nacionalinės agentūros negali būti laikomos už juos atsakinga.

BIM4Energy projektas

Efektivos ŠVOK sistemos ir energijos vektoriai



1. Tikslai

Efektyvių ŠVOK sistemų ir energijos vektorių pamokos tikslas - suteikti išsamų supratimą apie energiją taupančias šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo (ŠVOK) sistemas ir įvairius energijos vektorius, kuriais jos gali būti maitinamos.

Šios pamokos tikslai:

- Įgyti žinių apie įvairius energijos šaltinius, tokius kaip elektra, gamtinės dujos, propanas, saulės energija, geoterminė energija ir biomasė, bei jų tinkamumą naudoti ŠVOK (šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo) sistemose.
- Susipažinti su pagrindiniais ŠVOK sistemų veikimo principais: išmanyti jų sudedamąsias dalis, veikimo principus bei skirtingų sistemų darbo ypatumus.
- Suprasti pagrindinius veiklos rodiklius (angl. *key performance indicators*, KPI), naudojamus ŠVOK sistemų efektyvumui vertinti, tokius kaip sezoninis energijos efektyvumo santykis (SEER), šildymo sezono našumo koeficientas (HSPF) bei energijos efektyvumo santykis (EER).
- Gebėti pasirinkti tinkamiausią ŠVOK sistemą, atsižvelgiant į pastato tipą, klimato sąlygas, energinį efektyvumą ir ekonominį pagrįstumą.
- Įgyti supratimą, kaip integruoti atsinaujinančius energijos šaltinius (pvz., saulės ar geoterminę energiją) į ŠVOK sistemas siekiant didesnio energijos efektyvumo ir tvarumo.
- Įgyti žinių apie reguliarios priežiūros veiksmus bei gedimų diagnostikos metodus, siekiant užtikrinti optimalų sistemų veikimą ir jų ilgaamžiškumą.
- Suprasti energijos vartojimo mažinimo strategijas, tokias kaip paklausos valdymas (angl. *demand-side management*), apkrovos mažinimas (angl. *load shedding*) ir laiko diferencijuotas kainodaros modelis (angl. *time-of-use pricing*).

2. Mokymosi metodologija

Mokytojas apie 30 min. pristatys efektyvias ŠVOK sistemas ir energijos vektorius.

Mokiniai perskaitys šios pamokos medžiagą žemiau nurodyta seka:

- ŠVOK sistemų būtinybė.
- ŠVOK sistemose naudojami energijos vektoriai: privalumai, trūkumai ir taikymo sritys.
- ŠVOK sistemų pagrindai: sudedamosios dalys, funkcijos ir tarpusavio sąveika.
- Energijos efektyvumo rodiklių skaičiavimas ir interpretavimas: energijos efektyvumo santykis (EER), naudingumo koeficientas (COP) ir sezoninis energijos efektyvumo santykis (SEER).
- Šiuolaikiniai ŠVOK sistemų tipai.
- Pažangios ŠVOK sistemų technologijos.

- ŠVOK sistemų priežiūra ir optimizavimas: profilaktinės priežiūros grafikai, gedimų diagnostikos metodai ir sistemų veikimo efektyvumo gerinimo strategijos.

Siekiant įvertinti pamokos sėkmę, siūlome mokiniams atlikti apklausą raštu arba žodžiu.

3. Pamokos trukmė

Šis pamokų ciklas įgyvendinamas savarankiško mokymosi būdu naudojantis BIM4ENERGY projekto žiniatinklio svetaine www.bim4energy.eu.

Mokymo medžiaga sudaryta taip, kad būtų galima ją pristatyti per 3 akademines valandas.

4 - Būtinios mokymo priemonės

Klasė su kompiuteriais ir prieiga prie interneto.

Reikalinga programinė įranga: .pdf dokumentus nuskaitanti įranga.

5. Turinys ir pamoka

5.1. ŠVOK sistemų būtinybė

5.1.1. ŠVOK sistemų vaidmuo

Šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo (liet. akronimas ŠVOK, angl. HVAC) sistemos yra būtinos norint užtikrinti komfortišką ir sveiką patalpų aplinką, kurioje būtų užtikrinama tinkama vidaus oro kokybė (angl. *indoor air quality*, IAQ) – tai oras, kuriame nėra kenksmingų teršalų koncentracijų, kaip nustatyta kompetentingų institucijų, ir kuris daugumos (80 % ar daugiau) jį įkvėpiančių asmenų vertinamas kaip tinkamas.

ŠVOK sistemos suteikia keletą pagrindinių privalumų:

- **Temperatūros reguliavimas:** šios sistemos palaiko tinkamą patalpų temperatūrą, atitinkančią naudotojų poreikius, kad būtų išvengta tiek perkaitimo, tiek peršalimo.
- **Geresnė oro kokybė:** filtruodamos teršalus, alergenų ir dulkes, ŠVOK sistemos padeda mažinti kvėpavimo sutrikimų bei alergijų riziką.
- **Drėgmės kontrolė:** sistemos palaiko optimalų oro drėgnumo lygį, užkertant kelią pelėsio ir grybelio susidarymui bei užtikrinant komfortišką aplinką.

- **Energijos vartojimo efektyvumas:** šiuolaikinės ŠVOK sistemos kuriamos taip, kad būtų energiją taupančios, todėl padeda sumažinti išlaidas už komunalines paslaugas.
- **Komfortas ir produktyvumas:** komfortiška patalpų aplinka teigiamai veikia žmogaus savijautą, produktyvumą bei bendrą gyvenimo kokybę.

Apibendrinant galima teigti, kad ŠVOK sistemos kuria sveikesnę ir malonesnę gyvenamąją ar darbo aplinką, prisidedančią prie geresnės gyvenimo kokybės.

5.1.2. Oro teršalai

Vidaus oro kokybė yra esminė sveikos vidaus aplinkos sudedamoji dalis, ypač atsižvelgiant į tai, kad didžiąją gyvenimo dalį praleidžiame uždaroje patalpose. Skaičiuojama, kad net apie 90 % savo gyvenimo žmogus praleidžia patalpose.

Visų pirma, dauguma šiuolaikinių darbų atliekami uždaroje erdvėje ir yra susiję su kompiuteriniu darbu. Antra, siekdami energijos taupymo, sandarinome pastatus, tačiau ilgą laiką nepakankamai dėmesio skyrėme vidaus oro kokybei. Moderniuose pastatuose natūralias statybines medžiagas pakeitėme sintetinėmis, kurios, kaip vėliau paaiškėjo, išskiria didelį kiekį cheminių teršalų į vidaus orą. Kai kurios iš šių medžiagų yra tarptautinių institucijų, tokių kaip Tarptautinė vėžio tyrimų agentūra (angl. *international agency for research on cancer*, IARC), priskiriamos kancerogenams – medžiagoms, galinčioms sukelti vėžį.

Prasta vidaus oro kokybė gali neigiamai paveikti sveikatą, darbingumą ir bendrą savijautą. Vienas reikšmingiausių veiksnių, lemiančių blogą vidaus oro kokybę, yra oro teršalai (žr. 1 pav.). Šioje mokomojoje medžiagoje siekiama išsamiai apžvelgti pagrindines oro teršalų rūšis, jų kilmės šaltinius ir poveikį žmogaus sveikatai [1].



1 pav. Dažniausi patalpų aplinkos oro teršalai.

Šios pamokos metu susipažinsite su skirtingomis vidaus oro teršalų rūšimis, įskaitant lakiuosius organinius junginius (angl. *volatile organic compounds*), kietąsias daleles bei biologinius teršalus. Taip pat sužinosite apie jų šaltinius, būdus, kuriais šie teršalai patenka į patalpų orą, bei strategijas, padedančias sumažinti poveikį žmogui ir pagerinti vidaus oro kokybę [2].

Šios pamokos pabaigoje gebėsite paaiškinti, kokį neigiamą poveikį žmogaus sveikatai gali turėti oro teršalai, ir įvardinti praktines priemones, kurios gali padėti sukurti sveikesnę patalpų aplinką Jums ir aplink esantiems žmonėms.

Oro teršalai - tai ore esančios medžiagos, galinčios pakenkti žmonių sveikatai ar aplinkai. Vidaus oro kokybės kontekste, šie teršalai paprastai aptinkami gyvenamuosiuose namuose, mokyklose ir darbovietėse. Kadangi žmonės didelę dalį laiko praleidžia uždaroje patalpoje, jų poveikis sveikatai gali būti ypač reikšmingas [3].

Oro teršalai gali būti klasifikuojami pagal jų kilmės šaltinį bei cheminę sudėtį:

1. **Lakieji organiniai junginiai** - cheminės medžiagos, išsiskiriančios iš statybinių medžiagų, valiklių, kosmetikos ir kitų buitinių produktų. Dažniausi: formaldehidas, benzenas, toluenas.
2. **Formaldehidas** - dažnai aptinkamas, esantis balduose, statybinėse medžiagose, buitinėse ir grožio priemonėse.
3. **Kietosios dalelės** - mažos ore esančios dalelės, pavyzdžiui, dulkės, žiedadulkės ir pelėsių sporos.
4. **Kietosios dalelės, susidarantys gaminant maistą** - gaminant maistą išsiskiriantys garai ir dalelės, bloginantys oro kokybę.
5. **Anglies monoksidas** - dujos, kurios susidaro degimo šaltiniuose, pavyzdžiui, dujinėse viryklėse ir šildytuvuose, kurių didelė koncentracija gali būti mirtina.
6. **Azoto dioksidas** - dujos, išsiskiriančios naudojant dujines virykles ir kitus degimo šaltinius. Gali sukelti kvėpavimo takų ligas.
7. **Radonas** - natūraliai susidarantys radioaktyviosios dujos, galinčios prasiskverbti iš grunto į pastatus. Siejamas su plaučių vėžiu.
8. **Biologiniai teršalai** - pelėsiai, bakterijos, dulkių erkutės ir virusai, kurie gali sukelti įvairių sveikatos sutrikimų, ypač alergiškiems ar astma sergantiems žmonėms.
9. **Asbestas** - mineralinis pluoštas, kuris buvo plačiai naudojamas statybinėse medžiagose prieš pripažįstant jo keliamą pavojų sveikatai. Asbesto poveikis gali sukelti plaučių vėžį ir mezoteliomą.
10. **Švinas** - sunkusis metalas, kurio galima rasti kai kuriose statybinėse medžiagose ir kuris gali sukelti vaikų raidos sutrikimų ir kitų sveikatos problemų suaugusiems.
11. **Ozonas** - dujos, kurios gali susidaryti tam tikrų oro valytuvų veikimo metu ir kurios gali sukelti kvėpavimo sutrikimų.
12. **Pesticidai** - cheminės medžiagos, skirtos naikinti kenkėjus, bet taip pat kenkiančios žmogaus sveikatai.
13. **Pasyvus rūkymas**: cigarečių dūmai, įkvepiami nerūkančiųjų, kai šalia rūkoma. Didina

riziką susirgti vėžiu, širdies ir plaučių ligomis.

14. **Liepsnos slopikliai** - cheminės medžiagos dedamos į baldus ir elektronikos prietaisus, kad sumažintų gaisro pavojų, tačiau taip pat gali būti kenksmingos žmonių sveikatai.

Svarbu pažymėti, kad tai nėra išsamus visų galimų patalpų oro teršalų sąrašas, tačiau tai yra vieni iš dažniausiai pasitaikančių teršalų.

5.1.3. Patalpų oro kokybės gerinimo strategijos

Yra daug priemonių, kuriuos galima taikyti siekiant pagerinti patalpų oro kokybę. Šie metodai, išvardyti didėjančio efektyvumo tvarka, gali gerokai pagerinti patalpų oro kokybę.

1. **Reguliarus patalpų valymas.** Reguliarus patalpų valymas padeda pašalinti dulkes, pelėsius bei alergenų, kurie prisideda prie prastos oro kokybės. Tai apima kilimų ir apmušalų siurbimą, dulkių valymą nuo paviršių, patalynės ir užuolaidų skalbimą.
2. **Taršą skleidžiančių produktų naudojimo mažinimas.** Daugelyje buitinių produktų (pvz., valiklių, dažų, tirpiklių) yra lakiųjų organinių junginių (LOJ), kurie teršia orą. Norint sumažinti teršalų poveikį, svarbu rinktis gaminius, kuriuose yra mažai lakiųjų organinių junginių arba kurie žymimi kaip „green“ ar „eco-friendly“. Taip pat svarbu šiuos produktus naudoti gerai vėdinamose patalpose ir tinkamai juos utilizuoti. Rinkdamiesi saugius ir ekologiškus produktus, galite sumažinti teršalų poveikį.
3. **Augalai.** Tam tikrų rūšių augalai gali padėti pagerinti patalpų oro kokybę, nes sugeria teršalus ir išskiria deguonį. Pavyzdžiui, chlorofitas (angl. *spider plant*), taikos lelija (angl. *peace lily*), angliškoji gebenė (angl. *english ivy*).
4. **Oro valytuvai.** Oro valytuvai gali pašalinti ore esančias dulkes, alergenų ir lakiuosius organinius junginius. Yra įvairių tipų oro valytuvų, pavyzdžiui, HEPA filtrai, aktyviosios anglies filtrai ir jonizatoriai.
5. **Rūkymo patalpose vengimas.** Tabako dūmai yra pagrindinis patalpų oro teršalas, galintis sukelti kvėpavimo takų sutrikimus, alergiją ir kitas sveikatos problemas. Svarbu vengti rūkyti patalpose ir raginti tai daryti kitus.
6. **Vėdinimo gerinimas.** Vienas iš veiksmingiausių būdų pagerinti patalpų oro kokybę - padidinti į pastatą patenkančio šviežio oro kiekį. Tai galima padaryti atidarant langus ir duris, naudojant ištraukiamuosius ventiliatorius ir užtikrinant tinkamą mechaninės vėdinimo sistemos veikimą.

Patalpose esančių taršą skleidžiančių medžiagų kiekio mažinimas, reguliarus valymas ir augalų naudojimas turi tik ribotą poveikį vidaus oro kokybei. Oro valytuvai gali būti naudingi tik tuo atveju, jeigu jie yra tinkamai parinkti pagal patalpų dydį. Tačiau būtina atkreipti dėmesį, kad oro valytuvai recirkuliuoja patalpos orą ir dažniausiai yra veiksmingi tik prieš tam tikrus teršalus, tokius kaip dulės, alergenai ir lakieji organiniai

junginiai. Dėl šios priežasties oro valytuvai nepadeda pašalinti daugumos šiame kontekste aptartų oro teršalų, tokių kaip radonas, anglies monoksidas, azoto dioksidas ar biologiniai teršalai. Svarbiausia ir didžiausią poveikį turinti priemonė yra vėdinimo didinimas.

5.2. ŠVOK sistemose naudojami energijos vektoriai: privalumai, trūkumai ir taikymo sritys

5.2.1. Energijos vektorių tipai

Energijos vektoriai – tai terpės, per kurias šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo (ŠVOK) sistemose perduodama energija [4]. Šie vektoriai gali būti klasifikuojami į dvi pagrindines kategorijas:

1. Terminiai energijos vektoriai:

- **Oras:** dažniausiai naudojama terpė tiek šildymui, tiek vėsinimui. Oras yra pašildomas arba atvėsintas ir vėliau cirkuliuoja patalpose.
- **Vanduo:** naudojamas hidraulinėse sistemose; vanduo yra pašildomas arba atvėsintas ir vamzdynais paskirstomas po patalpas, siekiant jas šildyti ar vėsinti.
- **Garai:** dar viena hidraulinė terpė, daugiausia taikoma šildymo sistemose.
- **Šaltnešis:** naudojamas šaldymo cikluose šilumai iš aplinkos pašalinti ir perkelti į aukštesnės temperatūros terpę.

2. Elektriniai energijos vektoriai:

- **Elektros energija:** naudojama ŠVOK sistemų komponentams, tokiems kaip ventiliatoriai, siurbiai, kompresoriai ir kt., maitinti.

Papildomos aplinkybės:

- **Kogeneracinės sistemos** (angl. *combined heat and power*, CHP) – kai kurios ŠVOK sistemos naudoja kogeneraciją, kai iš vieno kuro šaltinio vienu metu gaminama šilumos ir elektros energija, taip padidinant bendrą energijos vartojimo efektyvumą.
- **Atsinaujinantys energijos šaltiniai** - saulės, vėjo ir geoterminė energija taip pat gali būti naudojamos ŠVOK sistemoms maitinti arba papildyti jų energijos poreikius, taip mažinant priklausomybę nuo tradicinių iškastinio kuro šaltinių.

5.2.2. Skirtingų energijos vektorių šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo (ŠVOK) sistemose privalumai ir trūkumai

Oras yra universali ir plačiai prieinama energijos perdavimo terpė ŠVOK sistemose. Dėl galimybės būti naudojamu tiek šildymui, tiek vėsinimui, jis yra lankstus pasirinkimas

jvairiose taikymo srityse. Be to, oras yra palyginti nebrangus ir lengvai įrengiamas, todėl tai yra ekonomiškas sprendimas daugeliui projektų. Dėl gero šilumos laidumo užtikrinamas efektyvus šilumos perdavimas, leidžiantis pasiekti pakankamą šildymo ir vėsinimo našumą.

Oro pagrindu veikiančios ŠVOK sistemos, nors ir yra universalios, turi keletą trūkumų. Energijos nuostoliai dėl oro nuotėkio bei infiltracijos gali sumažinti sistemos efektyvumą. Aukšto greičio ventiliatoriai gali kelti triukšmą, trikdančią patalpų komfortą. Be to, jei oras nėra tinkamai filtruojamas, gali prastėti oro kokybė dėl alergenų ar teršalų. Taip pat tokios sistemos dažnai veikia ribotame temperatūrų diapazone, kas gali riboti jų taikymo galimybes ekstremaliomis sąlygomis.

Vandens pagrindu veikiančios ŠVOK sistemos pasižymi dideliu efektyvumu – jos geba perduoti didelius šilumos kiekius su minimaliais energijos nuostoliais. Šios sistemos dažniausiai veikia tyliau nei oro pagrindu veikiančios, todėl mažina triukšmo taršą. Vanduo gali būti naudojamas tiek šildymui, tiek vėsinimui, taip pat buitiniam karštam vandeniui ruošti ar grindiniam šildymui. Vandens sistemos taip pat leidžia tiksliai reguliuoti patalpų temperatūrą, užtikrinant aukštą komforto lygį.

Tarp trūkumų galima paminėti didesnes pradinės investicijas į vamzdynus bei įrangą, palyginti su oro sistemomis. Priežiūra dažnai būna sudėtingesnė dėl sudėtingo vamzdynų ir siurblių tinklo. Šaltuose klimatuose būtina užtikrinti apsaugą nuo užšalimo naudojant antifrizo mišinius ar kitus sprendimus. Taip pat tokios sistemos sunkiau pritaikomos esamuose pastatuose, nes gali reikėti reikšmingų struktūrinių pakeitimų.

Garų pagrindu pagrįstos ŠVOK sistemos turi keletą pranašumų. Didelė šiluminė talpa leidžia greitai perduoti šilumą, todėl šios sistemos ypač tinkamos dideliems komerciniams ar pramoniniams pastatams. Garai taip pat gali būti naudojami kitose pramoninėse technologijose, kas padidina jų taikymo universalumą. Be to, garų sistemos efektyviai šildo dideles erdves.

Tačiau jos taip pat turi trūkumų. Dėl aukštos temperatūros ir slėgio kyla saugumo rizika, todėl reikia kruopščios priežiūros ir kvalifikuoto personalo. Pradinės išlaidos garų katilams ir vamzdynams gali būti didelės. Priežiūra yra sudėtinga ir reikalauja specializuotos įrangos. Galiausiai, garinės sistemos nėra tinkamos vėsinimo funkcijoms, todėl jų universalumas yra ribotas.

Šaltnešiai užtikrina labai efektyvų vėsinimą, todėl šios sistemos puikiai tinka vėsinimo taikymams. Jie gali pasiekti labai žemas temperatūras, tad tinka ir specifiniams pramoniniams procesams. Taip pat šaltnešio pagrindu veikiančios sistemos dažnai veikia tyliau nei oro sistemos, kas prisideda prie akustinio komforto.

ŠVOK sistemos, kurių pagrindas yra šaldymo agentai, nors ir yra veiksmingos vėsinant, turi keletą trūkumų. Dėl neigiamo daugelio šaltnešių poveikio aplinkai atsiranda griežtas jų reguliavimas. Priežiūra reikalauja specialių žinių bei įrangos, kad būtų galima saugiai tvarkyti šaltnešius. Pradinės investicijos į specializuotą įrangą ir įrengimą gali būti

didelės. Galiausiai, tokios sistemos daugiausia naudojamos vėsinimui, o jų šildymo galimybės yra ribotos.

Elektra energija suteikia daug lankstumo – ji gali būti naudojama įvairių ŠVOK sistemos komponentų (ventiliatorių, siurblių, kompresorių ir kt.) maitinimui, todėl sistemos lengvai pritaikomos skirtingoms konfigūracijoms. Derinant su kitomis energiją taupančiomis technologijomis, elektra gali būti itin efektyvi. Be to, elektros pagrindu veikiančios sistemos leidžia tiksliai reguliuoti visus procesus, taip užtikrinant optimalų sistemos veikimą bei komfortą.

Tarp trūkumų išskirtini didesni energijos kaštai regionuose, kur elektros kainos yra aukštos. Sistemos patikimumui gali pakenkti elektros tiekimo sutrikimai ar svyravimai. Be to, jei elektra gaunama iš iškastinio kuro, didėja su aplinkosauga susijusios problemos, tokios kaip šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijos.

Tinkamiausio energijos vektoriaus pasirinkimas konkrečiai ŠVOK sistemai priklauso nuo daugybės veiksnių: pastato dydžio, geografinės padėties, klimato sąlygų bei pageidaujamo komforto lygio. Todėl projektavimas turėtų būti pagrįstas ne tik techniniais, bet ir energetinio efektyvumo bei tvarumo kriterijais.

5.2.3. Skirtingų energijos vektorių taikymo sritys ŠVOK sistemose

Kaip buvo aptarta anksčiau, daugelis energijos vektorių pasižymi plačiu pritaikomumu įvairiose srityse [5]. Šios universalios terpės efektyviai taikomos gyvenamuosiuose, komerciniuose bei pramoniniuose pastatuose, o tai rodo jų lankstumą ir platų taikymo spektrą. Žemiau pateikti pavyzdžiai iliustruoja šių energijos vektorių pritaikymą skirtinguose kontekstuose.

Oras. Dažnai naudojamas visuose trijuose sektoriuose. Gyvenamuosiuose pastatuose dažnai naudojamas centrinio oro kondicionavimo sistemose, orinio šildymo sistemose bei šilumos siurbliuose. Komerciniuose pastatuose taikomas kintamosios šaltnešio srovės sistemose, stoginėse oro apdorojimo įrenginiuose, bei ventiliatorinių konvektorių sistemose. Pramoniniuose objektuose naudojamas didelės apimties vėdinimo sistemose bei dulkių surinkimo įrenginiuose.

Vanduo. Dažnai naudojamas gyvenamosiose ir komercinėse patalpose. Gyvenamuosiuose pastatuose pritaikomas spindulinio (grindinio) šildymo bei hidraulinės šildymo/vėsinimo sistemose. Komerciniuose pastatuose dažnai naudojamas katilų sistemose bei šaltu vandeniu aušinamose sistemose (angl. *chilled water systems*). Pramonėje gali būti naudojamos technologinio šildymo ir vėsinimo sistemos.

Garas. Dažniausiai naudojamas pramonėje ir komerciniuose objektuose. Pramonėje naudojamas garo turbinose elektros energijos gamybai bei procesiniam šildymui. Komerciniuose pastatuose gali būti naudojamas centrinės garo šildymo sistemose didelės apimties pastatams šildyti.

Šaltnešis. Daugiausia naudojamas komercinėje ir pramoninėje aplinkoje. Komerciniuose objektuose: naudojami prekybos centrų šaldymo sistemose, ledo gamybos įrenginiuose ir kondicionavimo sistemose. Pramonėje gali būti naudojamos technologinių procesų šaldymo sistemos ir šaldymo įrenginiai.

Elektra. Naudojama visuose trijuose sektoriuose. Gyvenamuosiuose pastatuose taikoma elektrinėse grindų šildymo sistemose, šilumos siurbliuose bei oro kondicionieriuose. Komerciniuose pastatuose naudojama elektriniuose šaldymo įrenginiuose bei ventiliatorių konvektorių sistemose. Pramonėje gali būti naudojami elektriniai šildymo elementai ir procesų vėsinimo sistemos.

Šie pavyzdžiai rodo skirtingų energijos vektorių universalumą ŠVOK sistemose, leidžiantį kurti individualizuotus sprendimus, atitinkančius konkrečius įvairių objektų poreikius. Gera supratus kiekvieno energijos vektoriaus savybes ir pritaikymo galimybes, galima optimizuoti energijos vartojimo efektyvumą ir pasirinkti tinkamiausią sistemą konkrečiam taikymui.

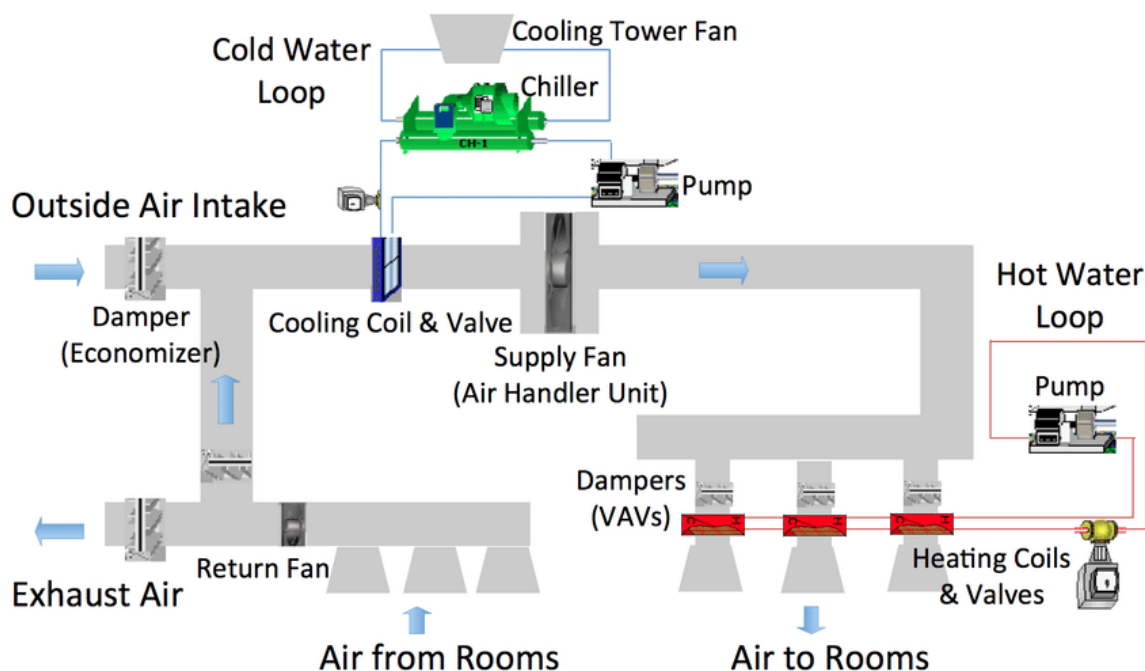
5.3. ŠVOK sistemų pagrindai: sudedamosios dalys, funkcijos ir tarpusavio sąveika

ŠVOK (šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo) sistemos yra skirtos užtikrinti komfortišką vidaus aplinką, valdant temperatūrą, santykinį oro drėgnį ir oro kokybę. Šios sistemos paprastai sudarytos iš keleto pagrindinių komponentų, kurie veikia tarpusavyje, siekdami bendro tikslo – palaikyti optimalias vidaus mikroklimato sąlygas.

5.3.1. ŠVOK sistemų komponentai

Pagrindiniai ŠVOK sistemos komponentai:

- a) šilumos šaltinis (angl. *heat source*);
- b) vėsinimo šaltinis (angl. *cooling source*);
- c) oro ruošimo įrenginys (angl. *air handler*);
- d) oro drėkintuvas ir (arba) oro sausintuvas (angl. *humidifier and/or dehumidifier*);
- e) ventiliatoriai (angl. *fans*);
- f) ortakiai (angl. *ducts*);
- g) sklendės (angl. *dampers*);
- h) registrai (angl. *registers*);
- i) termostatas (angl. *thermostat*);



2 pav. ŠVOK sistemos sudedamosios dalys.

Šie tarpusavyje susiję elementai veikia kartu tam, kad reguliuotų temperatūrą, drėgmės lygį ir oro kokybę pastatų vidaus erdvėse [6].

a) Šilumos šaltinis.

Įprastas šilumos šaltinis gyvenamuosiuose ir komerciniuose pastatuose yra krosnys (angl. *furnaces*), kurios šilumai gaminti naudoja iškastinį kurą – gamtines dujas, propaną arba kurą (mazutą). Sugeneruota šiluma perduodama orui, kuris cirkuliuoja per visą ŠVOK sistemą, taip šildydamas patalpas.

Katilai (boileriai), dažniausiai naudojami didesniuose komerciniuose ir pramoniniuose pastatuose, šildo vandenį arba gamina garus, kurie vamzdynais paskirstomi po įvairias pastato zonas, taip užtikrinant šilumos tiekimą.

Dar vienas populiarus šilumos šaltinis yra šilumos siurbiai, kurie pasižymi universalumu – gali tiek šildyti, tiek vėsinti patalpas. Šie energiją taupantys įrenginiai perkelia šilumą iš šiltesnio šaltinio (pvz., lauko oro ar grunto) į šaltesnį šaltinį (pvz., vidaus patalpų orą).

b) Vėsinimo šaltinis.

ŠVOK sistemos naudoja įvairius vėsinimo šaltinius vidaus temperatūrai mažinti.

Oro kondicionieriai, plačiai naudojami tiek gyvenamuosiuose, tiek komerciniuose pastatuose, šalina šilumą iš patalpų oro ir išleidžia ją į išorę.

Šaldymo agregatai (angl. *chillers*), dažniau taikomi didesniuose komerciniuose ar pramoniniuose objektuose, atšaldo vandenį arba šaltnešį, kuris vėliau cirkuliuoja per ŠVOK sistemą ir mažina vidaus oro temperatūrą.



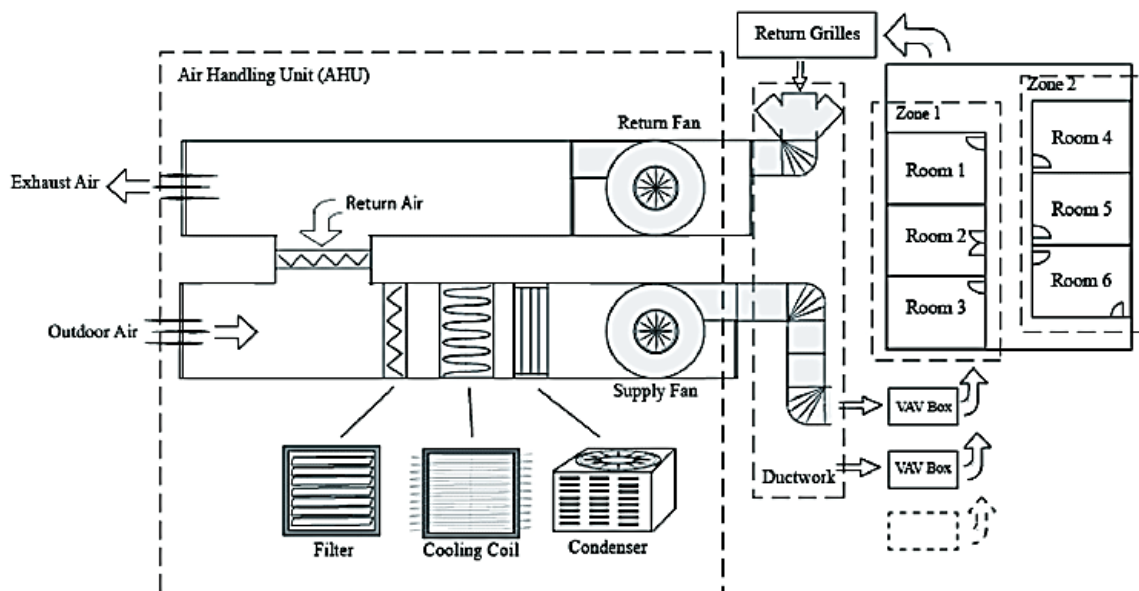
3 pav. Vėsinimo šaltiniai: oro kondicionierius (kairėje) ir aušintuvas (dešinėje).

c) **Oro paruošimo įrenginys.**

Oro paruošimo įrenginys yra vienas iš pagrindinių ŠVOK sistemų komponentų, atsakingas už oro cirkuliaciją visame pastate. Šis įrenginys paprastai susideda iš:

- galingo ventiliatoriaus,
- filtrų, skirtų oro teršalams, dulkėms ir alergenams pašalinti,
- šilumos mainų (šiluminės arba šaldymo) gyvatukų (angl. *coils*), kurie kaitina arba vėsina orą.

Tokiu būdu oro paruošimo įrenginys užtikrina komfortišką ir sveikatai palankią vidaus aplinką, reguliuodamas tiek temperatūrą, tiek oro kokybę [7].



4 pav. Oro ruošimo įrenginys (angl. *air handler unit*, AHU). [7]

Norint iliustruoti oro tiekimo įrenginio (angl. *air handler*) veikimą, galima pasitelkti pavyzdį, kuriame namų savininkas nustato termostatą ties 26 °C temperatūra. Kai vidaus oro temperatūra pakyla virš nustatytos ribos, termostatas užfiksuoja šį nuokrypį ir

perduoda signalą ŠVOK sistemai. Reaguodamas į šį signalą, oro tiekimo įrenginys – centrinis sistemos komponentas – pradeda veikti.

Oro tiekimo įrenginyje esantis ventiliatorius (angl. *fan*) pradeda sukis, įtraukiantis orą iš vidaus patalpų. Orui keliaujant per oro tiekimo įrenginį, jis yra filtruojamas – pašalinami teršalai, tokie kaip dulkės, žiedadulkės ir alergenai, taip pagerinant vidaus oro kokybę. Vėliau aktyvuojama aušinimo ritė (angl. *cooling coil*), kuri efektyviai atvėsina įtraukiamą orą iki pageidaujamos temperatūros.

Atvėsintas oras yra nukreipiamas per ortakius (angl. *ducts*) ir vėdinimo angas (angl. *vents*) į įvairias patalpas, palaipsniui mažinant vidaus temperatūrą. Termostatas nuolat stebi vidaus mikroklimatą, užtikrindamas, kad temperatūra išliktų ties nustatyta riba. Kai tik pasiekama norima temperatūra, oro tiekimo įrenginys ir aušinimo ritė automatiškai išsijungia, taip taupant energiją.

Šiuo pavyzdžiu parodoma, kad oro tiekimo įrenginys atlieka esminį vaidmenį namų vėsinimo procese – įtraukdamas orą, jį filtruodamas, atvėsindamas ir tolygiai paskirstydamas visose patalpose.

d) **Drėkintuvai** (angl. *humidifiers*) ir **sausintuvai** (angl. *dehumidifiers*) – tai taip pat esminiai ŠVOK sistemos komponentai, padedantys reguliuoti vidaus oro drėgmės lygį. Šie įrenginiai atlieka svarbų vaidmenį palaikant komfortišką ir sveiką mikroklimatą, užkertant kelią tokioms problemoms kaip sausa oda, kvėpavimo takų sutrikimai ar pelėsio atsiradimas.

Drėkintuvai padidina oro drėgmę. Jie dažnai naudojami sausame klimato arba žiemos metu, kai dėl šildymo sistemų vidaus oras gali tapti pernelyg sausas. Padidindami drėgmės lygį, drėkintuvai padeda sumažinti odos sausumą, nosies gleivinės užgulimą ir statinį elektrinimąsi.

Oro sausintuvai šalina drėgmę iš oro. Jie ypač naudingi drėgname klimato arba vasaros mėnesiais, kai padidėjusi oro drėgmė gali skatinti pelėsio, grybelio augimą bei nemalonių kvapų atsiradimą. Sumažindami drėgmę, sausintuvai padeda išvengti šių problemų ir sukuria komfortiškesnę aplinką.

Tiek drėkintuvai, tiek sausintuvai dažniausiai veikia naudodami ventiliatorių (angl. *fan*), kuris įtraukia orą į įrenginį. Oras pereina per filtrą arba kitą komponentą, kuris arba prideda, arba pašalina drėgmę. Apdorotas oras vėl išleidžiamas atgal į patalpą.

Efektyviai naudojant drėkintuvus ir sausintuvus galima palaikyti optimalų drėgmės lygį vidaus patalpose, taip sukuriant sveikesnę ir komfortiškesnę aplinką.

e) **Ventiliatoriai** (angl. *fans*) – tai įrenginiai, kurie sukuria oro srautą sukdami mentes. Jie plačiai naudojami įvairiose ŠVOK sistemų srityse ir yra būtini oro cirkuliacijai, vėdinimui, šilumos perdavimui ir drėgmės kontrolei.

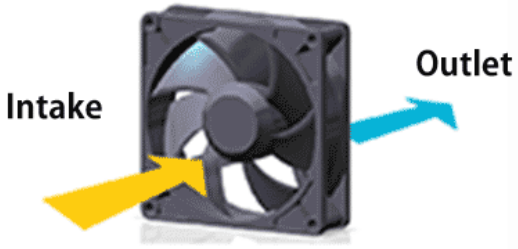
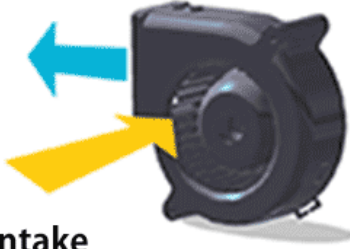
Ventiliatoriai paskirsto kondicionuotą orą visame pastate, užtikrindami tolygų šildymą arba vėsinimą visose zonose. Šildymo sistemose ventiliatoriai padeda pernešti šiltą orą

iš šilumos šaltinio (pvz., krosnies) į patalpas. Vėsinimo sistemose jie įtraukia šiltą orą, jį atvėsina ir paskirsto atgal kaip vėsų orą.

Ventiliatoriai taip pat padeda keisti patalpų orui su lauko oru, taip gerindami oro kokybę ir mažindami teršalų kaupimąsi. Be to, jie gali padėti mažinti oro drėgmę – judindami orą, ventiliatoriai apsaugo nuo drėgmės sankaupų.

Yra skirtingų tipų ventiliatorių, įskaitant ašinius ventiliatorius (angl. *axial fans*), išcentrinius ventiliatorius (angl. *centrifugal fans*) ir pūtiklius (angl. *blower fans*) (žr. 1 lentelę). Ventiliatoriaus tipas pasirenkamas atsižvelgiant į konkrečią paskirtį ir reikiamas oro srauto savybes. Iš esmės, ventiliatoriai yra tarsi ŠVOK sistemų „širdis“, užtikrinanti, kad kondicionuotas oras efektyviai pasiektų reikiamas zonas.

1 lentelė. Ventiliatorių tipai.

Ventiliatoriaus tipas	Išorė	Konstrukcija
Ašiniai ventiliatoriai (angl. <i>axial fans</i>)		 Oro srautas juda lygiagrečiai ašiai; paprasta konstrukcija, didelis srautas.
Išcentriniai ventiliatoriai (angl. <i>centrifugal / radial fans</i>)		 Oro srautas nukreipiamas statmenai į jėjimo ašį; didesnis slėgis, mažesnis srautas.
Pūtikliai (angl. <i>blower fans</i>)		Outlet 360° Direction  Intake Naudoja mentinį ratą, generuoja stiprų oro srautą su aukštu slėgiu.

- f) **Ortakiai** (angl. *ducts*) – tai esminis ŠVOK sistemų komponentas, atsakingas už kondicionuoto oro (pašildyto arba atvėsinto) paskirstymą visame pastate.

Kaip pavaizduota 5 pav., ortakiai sudaro tinklą, kuris sujungia oro tiekimo įrenginį (angl. *air handler*) su įvairiomis pastato patalpomis ir zonomis.



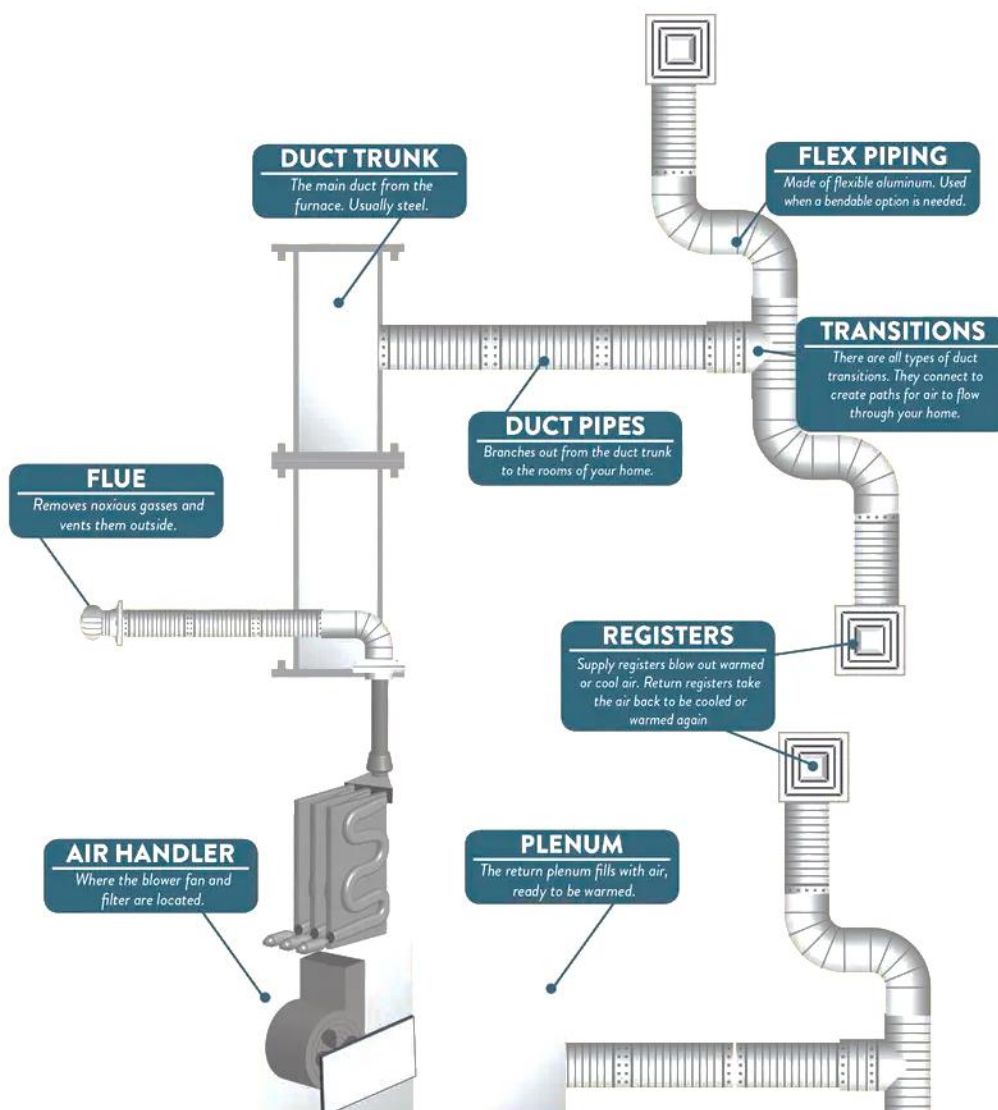
5 pav. Ortakių tinklas. [8]

Ortakių (angl. *ducts*) veikimas pagrįstas paprastu principu: ŠVOK įrenginys, kuris dažniausiai įrengiamas rūsyje, palėpėje, pagalbinėje patalpoje arba pastato išorėje, pašildo arba atvėsina orą naudodamas šilumos arba šaldymo šaltinį. Šis kondicionuotas oras vėliau yra nukreipiamas į tiekimo ortakio (angl. *supply ducts*) tinklą. Tiekimo ortakiai dažniausiai gaminami iš metalo arba lankstaus (angl. *flexible*) medžiaginio pagrindo.

Tiekimo ortakiai išsišakoja ir paskirsto kondicionuotą orą į skirtingas pastato patalpas. Oras patenka į patalpas per vėdinimo angas (angl. *vents*) arba oro paskirstymo groteles (angl. *registers*). Kai kondicionuotas oras atvėsina arba pašildo vidaus patalpas, jis palaipsniui netenka efektyvumo. Šis „naudotas“ oras per grąžinimo ortakius (angl. *return ducts*) yra vėl įtraukiamas atgal į ŠVOK įrenginį.

Grąžinamas oras pereina per filtrą, kuris pašalina dulkes, žiedadulkes ir kitus teršalus. Tuomet šis išvalytas oras yra vėl įtraukiamas į sistemą, ir ciklas kartojamas.

Yra du pagrindiniai ortakio tipai: standieji (angl. *rigid*) ir lankstieji (angl. *flexible*). Standieji ortakiai, kurie gali būti apvalios arba stačiakampės formos, gaminami iš skardos, yra patvarūs ir užtikrina efektyvų oro srautą. Lankstieji ortakiai, kurie paprastai yra apvalios formos, gaminami iš lankstaus medžiaginio sluoksnio – juos lengviau montuoti, tačiau jie gali būti šiek tiek mažiau efektyvūs.



6 pav. Ortakių tinklo elementai. [9]

Efektvus ŠVOK sistemos veikimas priklauso nuo gerai suprojektuotų ir sumontuotų ortakių. Nesandarūs arba prastai izoliuoti ortakiai gali sumažinti energijos efektyvumą ir padidinti eksploatacines sąnaudas. Ortakių izoliacija padeda užkirsti kelią šilumos nuostoliams arba įšilimui, taip gerinant energijos vartojimo efektyvumą. Tinkamai užsandarinus ortakiai neleidžia orui prasiskverbti pro plyšius ir apsaugo nuo lauko teršalų pateikimo, gerindami vidaus oro kokybę. Ortakiai užtikrina, kad kondicionuotas oras pasiektų visas pastato zonas, suteikdamas pastovų komfortą.

Reguliari ortakių priežiūra yra labai svarbi siekiant užtikrinti optimalų veikimą ir energijos vartojimo efektyvumą. Patikrinimai gali atskleisti nuotėkius, užsikimšimus ar kitas problemas, galinčias turėti įtakos oro srautui. Valant pašalinamos dulkės, nešvarumai ir teršalai, kurie gali sumažinti efektyvumą. Nesandarumų sandarinimas padeda išvengti energijos nuostolių ir sumažina sąskaitas už komunalines paslaugas.

Suprasdami ortakių vaidmenį ŠVOK sistemose ir užtikrindami tinkamą jų priežiūrą, pastatų savininkai ir gyventojai gali mėgautis optimaliu komfortu ir energijos vartojimo efektyvumu.

g) **Oro sklendės** (angl. *dampers*) – tai mechaniniai įrenginiai, naudojami ŠVOK sistemose efektyviai valdyti oro srautą.

Šie komponentai atlieka svarbų vaidmenį palaikant optimalias vidaus aplinkos sąlygas. Reguluodamos oro kiekį, pratekantį per skirtingus ortakio (angl. *duct*) ir vėdinimo angų (angl. *vents*) ruožus, oro sklendės leidžia tiksliai kontroliuoti kondicionuoto oro paskirstymą pastate. Tai užtikrina, kad skirtingos zonos gautų tinkamą šildymo ar vėsinimo kiekį, kas prisideda prie didesnio komforto ir energijos taupymo.



7 pav. Skirtingos sklendės, priklausomai nuo ortakio tipo.

Oro sklendės (angl. *dampers*) būna įvairių tipų, pritaikytų skirtingiems poreikiams:

- Rankinės sklendės (angl. *manual dampers*) – reguliuojamos rankomis arba įrankiu;
- Variklinės sklendės (angl. *motorized dampers*) – valdomos elektros variklių ir gali būti automatizuotos nuotoliniam valdymui;
- Pneumatinės sklendės (angl. *pneumatic dampers*) – valdomos suslėgtu oru, leidžiančios tiksliai ir greitai reaguoti į valdymo signalus.

Oro sklendės atlieka įvairias funkcijas, užtikrinančias optimalų vidaus komfortą ir efektyvumą. Pagrindinės jų funkcijos yra:

- ✓ Oro srauto balansavimas: sklendės tolygiai paskirsto kondicionuotą orą po pastatą, neleidžiant susidaryti karštomis ar šaltoms zonoms.
- ✓ Temperatūros valdymas: reguliuodamos oro tūrį, praeinantį per šildymo arba vėsinimo ritinius, sklendės palaiko norimą temperatūros lygį.

- ✓ Atgalinio oro srauto prevencija: sklendės neleidžia orui grįžti atgal į sistemą, užtikrindamos efektyvų veikimą ir teršalų patekimą į vidų.
- ✓ Energijos efektyvumas: sklendės padeda optimizuoti energijos suvartojimą, sumažindamos oro nuotėkius ir subalansuodamos oro srautą, taip mažindamos bendrą energijos poreikį.
- ✓ Vidaus oro kokybė: reguliuodamos vėdinimo intensyvumą, sklendės padeda palaikyti sveiką vidaus aplinką pašalindamos teršalus ir tiekiant šviežią orą.

Pavyzdys, kaip veikia oro sklendės:

Įsivaizduokime didelį komercinį pastatą su keliais aukštais ir zonomis. Kiekvienoje zonoje įrengtas atskiras termostatas, kontroliuojantis temperatūrą toje patalpoje. Norint užtikrinti, kad kiekvienai zonai būtų tiekiamas tinkamas oro kiekis, ortakio tinkle yra įrengtos oro sklendės.

Jei zona reikalauja daugiau šilumos arba vėsinimo, termostatas siunčia signalą ŠVOK sistemai padidinti oro srautą į tą zoną. Oro sklendė, valdanti oro tiekimą į šią zoną, atsidaro, leidžiant pratekėti didesniai oro kiekiui.

Jei zona reikalauja mažiau šilumos arba vėsinimo, termostatas siunčia signalą sumažinti oro srautą. Oro sklendė užsidaro arba dalinai uždaro, ribodama pratekantį oro kiekį.

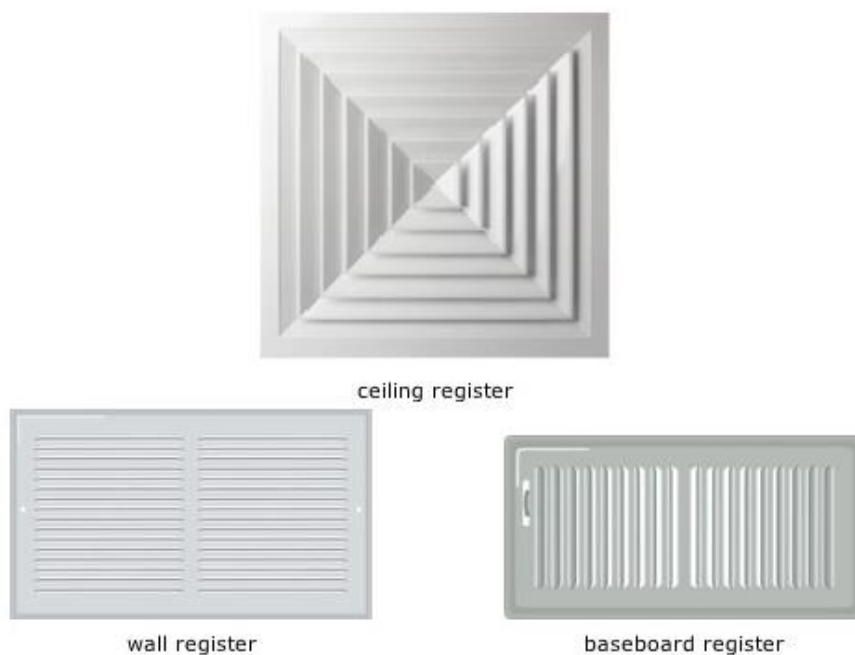
Reguliuodamos sklendžių padėtį, ŠVOK sistemos gali efektyviai valdyti temperatūrą ir oro srautą skirtingose pastato vietose, užtikrindamos optimalų komfortą ir energijos taupymą.

- h) **Oro grotelių registrai** (angl. *registers*) – tai angos sienose arba lubose, leidžiančios kondicionuotam orui iš ortakio patekti į patalpas.

Dažniausiai jie būna aprūpinti grotelių (angl. *grilles*) arba žaliuzių (angl. *louvers*) mechanizmais, kurių padėtis gali būti reguliuojama, siekiant kontroliuoti oro srauto kiekį. Reguluojant grotelių arba žaliuzių padėtį, galima valdyti oro kiekį, patenkantį į patalpą, taip pritaikant temperatūrą ir oro cirkuliaciją skirtingose namo ar pastato vietose. Registrai padeda užtikrinti tolygų kondicionuoto oro paskirstymą visame pastate, neleidžiant susidaryti karštomis arba šaltoms zonoms.

Registrai būna įvairių tipų, priklausomai nuo jų vietos pastate (žr. 8 pav.).

- Sieniniai registrai dažniausiai įrengiami patalpų sienose ir gali būti stačiakampės arba apvalios formos.
- Lubiniai registrai montuojami lubose ir dažnai naudojami patalpose su aukštomis lubomis.
- Grindų registrai yra retesni, tačiau kartais sutinkami kai kuriuose senesniuose pastatuose.



8 pav. Registrų tipai. [10]

- i) **Termostatas** - tai centrinis valdymo įrenginys, reguliuojantis ŠVOK sistemos veikimą.

Jis veikia kaip temperatūros jautrus jungiklis, įjungiantis arba išjungiantis sistemą, siekiant palaikyti norimą temperatūrą. Termostatas aprūpintas temperatūros jutikliu, dažniausiai termistoriu (angl. *thermistor*), kuris nuolat stebi patalpos aplinkos temperatūrą. Termostatas lygina matuojamą temperatūrą su vartotojo nustatyta pageidaujama temperatūra. Remdamasis šiuo palyginimu, termostatas siunčia signalus ŠVOK sistemai. Pavyzdžiui, kai termostatas užfiksuoja temperatūros sumažėjimą, jis aktyvuoja šilumos šaltinį. Šilumos šaltinis sušildo orą, kuris vėliau yra cirkuliuojamas per oro valdiklį (angl. *air handler*) ir ortakius į vidaus erdvę. Oro valdiklis gali būti aprūpintas filtru, kuris pašalina teršalus iš oro prieš jam paskirstant.

Panašiai, kai termostatas užfiksuoja temperatūros padidėjimą, jis įjungia vėsinimo šaltinį. Vėsinimo šaltinis pašalina šilumą iš oro, kuris vėliau cirkuliuoja per oro valdiklį ir ortakius į patalpas. Drėkintuvai ir drėgmės šalinimo įrenginiai (angl. *humidifiers* ir *dehumidifiers*) naudojami drėgmės lygiui reguliuoti, užtikrinant optimalų komfortą ir apsaugant nuo galimų sveikatos sutrikimų.

5.3.2. ŠVOK sistemų funkcijos

ŠVOK sistemos atlieka šias pagrindines funkcijas:

1. **Šildymas.** Šildymo sistemos šildo patalpas iki komfortiškos temperatūros, naudojant įvairius metodus, tokius kaip krosnys (angl. *furnaces*), šilumos siurbiai (angl. *heat pumps*), katilai (angl. *boilers*) arba elektriniai šildytuvai (angl. *electric heaters*).

2. **Vėsinimas.** Vėsinimo sistemos atvėsina patalpas iki komfortiškos temperatūros, dažniausiai naudojant oro kondicionierius (angl. *air conditioning units*), kurie pašalina šilumą ir drėgmę.
3. **Vėdinimas.** Užtikrina patalpų oro apykaitą su lauko oru, palaikant tinkamą oro kokybę ir neleidžiant susidaryti teršalams bei užterštam orui.
4. **Drėgmės kontrolė.** Valdo patalpų drėgmės lygį, užkertant kelią per dideliame sausumui arba drėgmei, kurios gali sukelti diskomfortą ar sveikatos problemas.
5. **Oro filtravimas.** Filtruoja ore esančius teršalus, tokius kaip dulkės, žiedadulkės ir alergenai, gerindama vidaus oro kokybę.

ŠVOK sistemos yra atsakingos už komfortiškos, sveikos ir efektyvios vidaus aplinkos sukūrimą, kontroliuojamos temperatūrą, drėgmę ir oro kokybę.

5.3.3. ŠVOK sistemų komponentų sąveika

ŠVOK sistemos yra sudėtingi tarpusavyje susijusių komponentų tinklai, kurie veikia kartu, siekiant reguliuoti vidaus temperatūrą, drėgmę ir oro kokybę [5,6]. Šių komponentų sąveika yra itin svarbi, norint užtikrinti efektyvų ir veiksmingą sistemos darbą.

1. **Termostatas ir valdiklis** (angl. *thermostat and controller*).
Termostatas matuoja vidaus temperatūrą ir siunčia signalą valdikliui. Remiantis šiuo temperatūros rodmeniu, valdiklis aktyvuoja atitinkamą šildymo arba vėsinimo įrangą.
2. **Šildymo ir vėsinimo įranga** (angl. *heating and cooling equipment*).
Šildymo įranga (pvz., krosnys, katilai) paverčia kurą šiluma, o vėsinimo įranga (pvz., oro kondicionieriai, aušintuvai) šalina šilumą iš vidaus oro. Abiejų tipų įrangoje įrengti ventiliatoriai cirkuliuoja kondicionuotą orą po pastatą.
3. **Ortakiai** (angl. *ductwork*).
Ortakiai perneša kondicionuotą orą iš šildymo ar vėsinimo įrangos į skirtingus pastato kambarius. Ortakiuose esančios oro sklendės reguliuoja oro kiekį, tiekiamą į skirtingas zonas.
4. **Registrai** (angl. *registers*).
Registrai – tai angos sienose arba lubose, per kurias kondicionuotas oras patenka į patalpas. Registrai gali būti reguliuojami, kad būtų galima kontroliuoti tiekiamo oro kiekį kiekvienoje patalpoje.
5. **Filtrai** (angl. *filters*).
Filtrai pašalina teršalus iš oro, tokius kaip dulkės, žiedadulkės ir alergenai. Taip pat jie saugo šildymo ir vėsinimo įrangą nuo galimų pažeidimų, kuriuos gali sukelti šie teršalai.
6. **Jutikliai** (angl. *sensors*).
Jutikliai stebi įvairius parametrus ŠVOK sistemoje, tokius kaip temperatūra, drėgmė ir oro srautas. Surinkti duomenys perduodami valdikliui, kuris pagal juos koreguoja sistemos veikimą.

ŠVOK sistemose dažnai įtraukiami vėdinimo komponentai, kurie užtikrina oro apykaitą tarp vidaus ir lauko aplinkos, taip pagerindami oro kokybę bei pašalindami drėgmės perteklių. Vidaus drėgmės lygiui reguliuoti gali būti naudojami drėgmės surinktuvai arba oro drėkintuvai.

ŠVOK sistemos gali būti integruojamos su pastato automatizavimo sistemomis (angl. *building automation systems*), siekiant optimizuoti energijos vartojimą.

Visi šie komponentai ir funkcijos veikia koordinuotai, siekiant sukurti komfortišką ir sveiką vidaus aplinką. Konkreti ŠVOK sistemos konfigūracija priklauso nuo pastato dydžio, vietos ir pageidaujamo komforto lygio.

5.4. Energijos efektyvumo rodiklių skaičiavimas ir interpretavimas: energijos efektyvumo santykis (EER), naudingumo koeficientas (COP) ir sezoninis energijos efektyvumo santykis (SEER)

Vertinant ŠVOK sistemų energinį efektyvumą, dažniausiai naudojami trys pagrindiniai rodikliai: energijos vartojimo efektyvumo koeficientas (angl. *energy efficiency ratio*, EER), naudingumo koeficientas (angl. *coefficient of performance*, COP) ir sezoninis energijos vartojimo efektyvumo koeficientas (angl. *seasonal energy efficiency ratio*, SEER). Šie rodikliai parodo, kaip efektyviai sistema paverčia į ją tiekiamą energiją naudingą šildymo ar vėsinimo rezultatu.

5.4.1. Energijos vartojimo efektyvumo koeficientas (EER)

- **Apibrėžtis.** Energijos vartojimo efektyvumo koeficientas (EER) yra momentinis vėsinimo efektyvumo rodiklis, nusakantis, kiek vėsinimo galios gaunama vienam sunaudotos elektros galios vienetui. Tai tiekiamos vėsinimo galios (kW) ir sunaudotos elektros galios (kW) santykis.
- **Skaičiavimas*.**

EU ir Lietuva naudojančios SI matų sistemą

$$EER = \frac{\text{vėsinimo galia (kW)}}{\text{elektros sąnaudos (kW)}}$$

- **Interpretacija:** kuo didesnė EER reikšmė, tuo efektyviau veikia sistema. Pavyzdžiui: EER = 4 reiškia, kad už kiekvieną sunaudotą 1 kW elektros, sistema pagamina 4 kW vėsinimo galios.

*Pastaba: JAV ir imperinė matų sistema.

Jungtinėse Amerikos Valstijose ir kai kuriuose tarptautiniuose gamintojų kataloguose vis dar naudojami imperiniai matavimo vienetai.

Tokiu atveju:

$$EER = \frac{\text{vėsinimo galia (BTU/val.)}}{\text{elektros sąnaudos (vatais, W)}};$$

Čia:

BTU/val. – britų šilumos vienetai per valandą (angl. *british thermal unit per hour*)
W – elektros galia vatais

Paprastai: 1 BTU – tai energijos kiekis, reikalingas vienai svarui vandens pašildyti 1 °F laipsniu. Pažymime, 1 kW ≈ 3412 BTU/val.

Tačiau ši sistema netinka ES šalims, todėl Lietuvoje naudojama SI (tarptautinė matų sistema), kurioje visos vertės pateikiamos kW/kWh vienetais. Vertinant tarptautinius gaminius, svarbu atkreipti dėmesį į naudotą matavimo sistemą.

5.4.2. Naudingumo koeficientas (COP)

- **Apibrėžtis.** Naudingumo koeficientas (COP) - tai momentinis šildymo efektyvumo rodiklis, nusakantis, kiek šilumos galios gaunama vienam sunaudotos elektros galios vienetui.

- **Apskaičiavimas:**

$$COP = \frac{\text{šildymo galia (kW)}}{\text{elektros sąnaudos (kW)}}$$

- **Interpretacija:** didesnis COP reiškia, kad šilumos siurblys yra efektyvesnis. Pavyzdžiui: COP = 4 reikštų, kad 1 kW elektros pagamina 4 kW šilumos.

5.4.3. Sezoninis energijos vartojimo efektyvumo koeficientas (SEER)

- **Apibrėžtis.** Sezoninis energijos vartojimo efektyvumo koeficientas (SEER) – tai vidutinis energijos vartojimo efektyvumo rodiklis per visą vėsinimo sezoną. Jis parodo, kaip efektyviai sistema veikia kintančiomis sąlygomis (skirtingomis lauko temperatūromis ir apkrovomis).
- **Skaiciavimas:** SEER apskaičiuojamas kaip sezoninio vėsinimo energijos poreikio (kWh) ir sunaudotos elektros energijos (kWh) santykis.

$$SEER = \frac{\text{sezoninis vėsinimo poreikis (kWh)}}{\text{sesono metu sunaudota elektros energija (kWh)}}$$

- **Interpretacija:** kuo SEER reikšmė didesnė, tuo sistema yra energiška efektyvesnė, nes sunaudoja mažiau elektros energijos tam pačiam vėsinimo rezultatui pasiekti. Pavyzdžiui: SEER = 5 reiškia, kad per visą vėsinimo sezoną už kiekvieną 1 kWh elektros energijos sistema pagamina 5 kWh vėsinimo galios.

Svarbiausi aspektai:

- **Matavimo vienetai.**
 - JAV ir kai kurie tarptautiniai gamintojai naudojantys imperinę matų sistemą: EER, COP ir SEER paprastai išreiškiami BTU/h vienam vatui.
 - EU ir Lietuva naudojančios SI matų sistemą: EER, COP ir SEER dažniausiai išreiškiami kaip bevienetiniai santykiai, nes tiek naudingos galios (vėsinimo arba šildymo), tiek elektros energijos sąnaudos yra matuojamos tais pačiais vienetais – kilovatais (kW) arba kilovatvalandėmis (kWh).
- **Efektyvumo palyginimas.** Šie koeficientai leidžia tiesiogiai palyginti skirtingų ŠVOK sistemų energijos vartojimo efektyvumą. Kuo koeficientas didesnis, tuo mažesnės energijos sąnaudos tam pačiam rezultatui pasiekti.
- **Teisiniai ir reglamentavimo aspektai.** Europos Sąjungoje, įskaitant Lietuvą, taikomi minimalūs SEER (ir SCOP) reikalavimai pagal Ecodesign direktyvą ir energijos vartojimo efektyvumo ženklinimo reglamentus. Nauja ŠVOK įranga privalo atitikti nustatytus energinio efektyvumo kriterijus (pvz., A++ klasė atitinka aukštą SEER reikšmę).

Suprasdami šiuos rodiklius, vartotojai gali priimti informaciją pagrįstus sprendimus rinkdamiesi efektyvias ir ekonomiškąs ŠVOK sistemas.

5.5. Šiuolaikiniai ŠVOK sistemų tipai

ŠVOK sistemos gali būti klasifikuojamos pagal jų konstrukciją ir veikimo principą į šiuos pagrindinius tipus:

- a) Individualaus kambario arba individualios sistemos;
- b) Patalpos mikroklimato reguliavimo;
- c) Kompaktinės autonominės sistemos;
- d) Centrinės hidraulinės sistemos.

5.5.1. Individualaus kambario arba individualios sistemos

Individuali sistema paprastai naudoja vieną, kompaktišką, autonominę oro kondicionavimo įrenginį, kuris montuojamas lange arba sienoje (pvz., langinis kondicionierius), arba atskiras vidaus ir lauko dalis, aptarnaujančias tik vieną kambarį (žr. 9 pav.).

Individualioms sistemoms būdingas kompaktiškas dydis, paprastas montavimas ir santykinai nedidelė kaina. Tačiau jų vėsinimo ar šildymo pajėgumas gali būti ribotas ir jos gali būti triukšmingos.



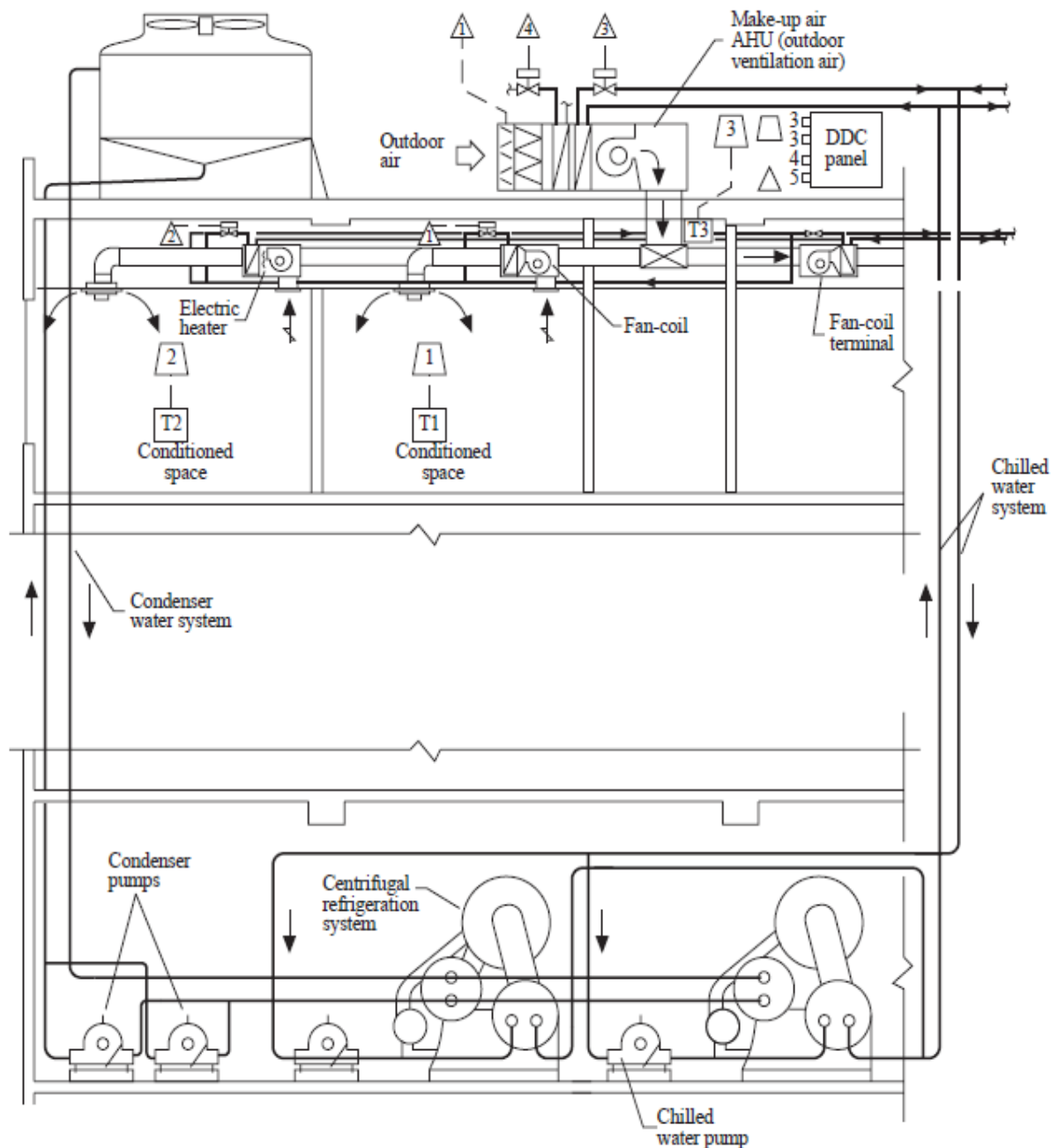
9 pav. Individualios ŠVOK sistemos. [11]

5.5.2. Patalpos mikroklimato reguliavimo sistemos

Patalpos mikroklimato reguliavimo sistemos yra skirtos aptarnauti didesnes erdves, tokias kaip visas pastatas arba keli pastatai (žr. 10 pav.). Jos yra galingesnės nei individualios kambario sistemos ir užtikrina:

- tikslesnę temperatūros kontrolę,
- geresnę oro kokybę,
- tolygų oro paskirstymą visoje patalpoje.

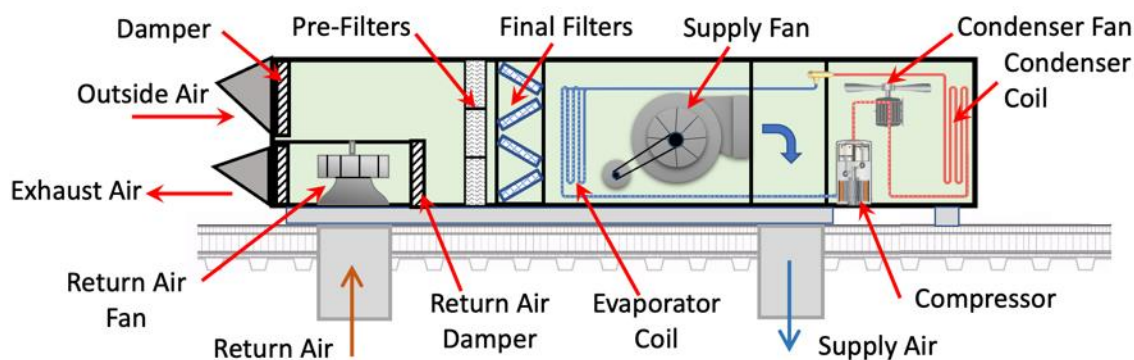
Tokio tipo ŠVOK sistemose šildymas, vėsinimas ir filtravimas dažniausiai vyksta pačioje aptarnaujamoje erdvėje arba virš jos (pvz., pakabinamų lubų zonoje). Lauko oras tiekiamas per atskirą išorinę vėdinimo sistemą, kuri dažnai yra autonomiška ir valdo tik gryno oro tiekimą.



10 pav. Patalpos mikroklimato reguliavimo sistemos.

5.5.3. Kompaktinės autonominės sistemos

Kompaktinės autonominės sistemos – tai gamykliniu būdu surenkami įrenginiai, kuriuose visi pagrindiniai ŠVOK komponentai – garintuvas (angl. *evaporator*), kondensatorius (angl. *condenser*), ventiliatorius (angl. *fan*) ir valdikliai (angl. *controls*) – yra sukomplektuoti viename korpuse (žr. 11 pav.). Jiems būdingas paprastas montavimas, efektyvus veikimas ir palyginti nedideli priežiūros kaštai. Jie dažnai naudojami komerciniuose ir pramoniniuose pastatuose, kuriuose reikalingas patikimas mikroklimato reguliavimas be sudėtingos centralizuotos infrastruktūros.



11 pav. Kompaktinės autonominės sistemos.[12]

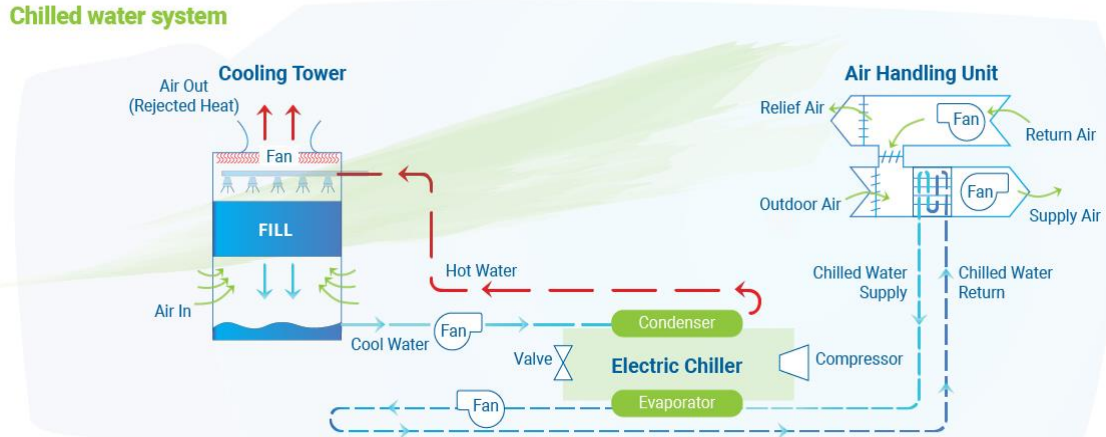
5.5.4. Centrinės hidroninės sistemos arba centralinės sistemos

Centrinė sistema naudoja centrinį katilą arba aušintuvą, kuris šildo arba vėsina vandenį ar kitą skystį, kuris vėliau cirkuliuoja per visą pastatą, užtikrindamas šildymą arba vėsinimą (žr. 12 pav.). Pavyzdžiui, tai gali būti centrinės šildymo sistemos su radiatoriais arba grindinio šildymo (angl. *baseboards*) elementais, bei centrinės vėsinimo sistemos su aušinamo vandens sistemomis (pvz. angl. *chilled water coils*).

Šilumos pernešimui naudojamas vanduo turi apie 3400 kartų didesnę šilumos talpą nei oras, todėl ši sistema yra itin efektyvi ir gali užtikrinti vienodą šildymą ar vėsinimą dideliuose pastatuose. Dažniausiai tokios sistemos taikomos komerciniuose ir instituciniuose pastatuose. Tačiau centrinės hidroninės sistemos gali būti sudėtingesnės tiek įrengiant, tiek eksploatuojant.

Centrinės sistemos dažniausiai yra vietoje surenkamos sistemos – jų įranga komplektuojama ir montuojama tiesiogiai statybvietėje.

Chilled water system



12 pav. Centrinė hidroninė sistema. [13]

Renkantis tinkamiausią ŠVOK sistemą savo poreikiams, būtina atidžiai įvertinti keletą svarbių veiksnių, tokių kaip energijos efektyvumas, kaštų aspektai ir patalpų oro kokybė.

Vėsinimo sistemų sezoninis energijos vartojimo efektyvumo koeficientas rodo sistemos efektyvumą per vėsinimo sezoną. Šildymo sistemų sezoninis efektyvumo koeficientas rodo sistemos efektyvumą per šildymo sezoną. Aukštesnis SEER arba HSPF rodiklis reiškia didesnį energijos efektyvumą ir mažesnes eksploatacijos išlaidas. Skirtingų modelių efektyvumo rodiklių palyginimas padeda atrasti ekonomiškiausias sistemas ir gali suteikti galimybę gauti energijos efektyvumo skatinimo priemones.

Kalbant apie ŠVOK sistemas, galima išskirti tris išlaidų rūšis: pradinės įrengimo išlaidos, nuolatinės eksploatavimo išlaidos ir techninės priežiūros bei remonto išlaidos. Pradinės ŠVOK sistemos įsigijimo ir įrengimo išlaidos gali labai skirtis priklausomai nuo sistemos dydžio, tipo ir sudėtingumo. Energijos suvartojimas yra pagrindinis veiksnys, lemiantis ilgalaikes ŠVOK sistemos eksploatavimo išlaidas. Efektyviai energiją vartojančios sistemos ilgainiui gali padėti sumažinti šias išlaidas. Taip pat būtina įvertinti numatomas techninės priežiūros ir remonto kaštus, susijusius su skirtingomis ŠVOK sistemomis. Kai kurioms sistemoms gali reikėti dažnesnės ar brangesnės techninės priežiūros.

Papildomi veiksniai renkantis tinkamą ŠVOK sistemą gali būti patalpų oro kokybė (ypač kai įrengiamas ligoninės pastatas), drėgmės kontrolė, sistemos dydis, triukšmo lygis, patikimumas ir garantija.

Atidžiai įvertinus šiuos veiksnius, galima pasirinkti ŠVOK sistemą, kuri atitiktų konkrečius poreikius, pagerintų patalpų komfortą ir prisidėtų prie energijos vartojimo efektyvumo bei aplinkos tvarumo.

5.6. Pažangios ŠVOK sistemų technologijos

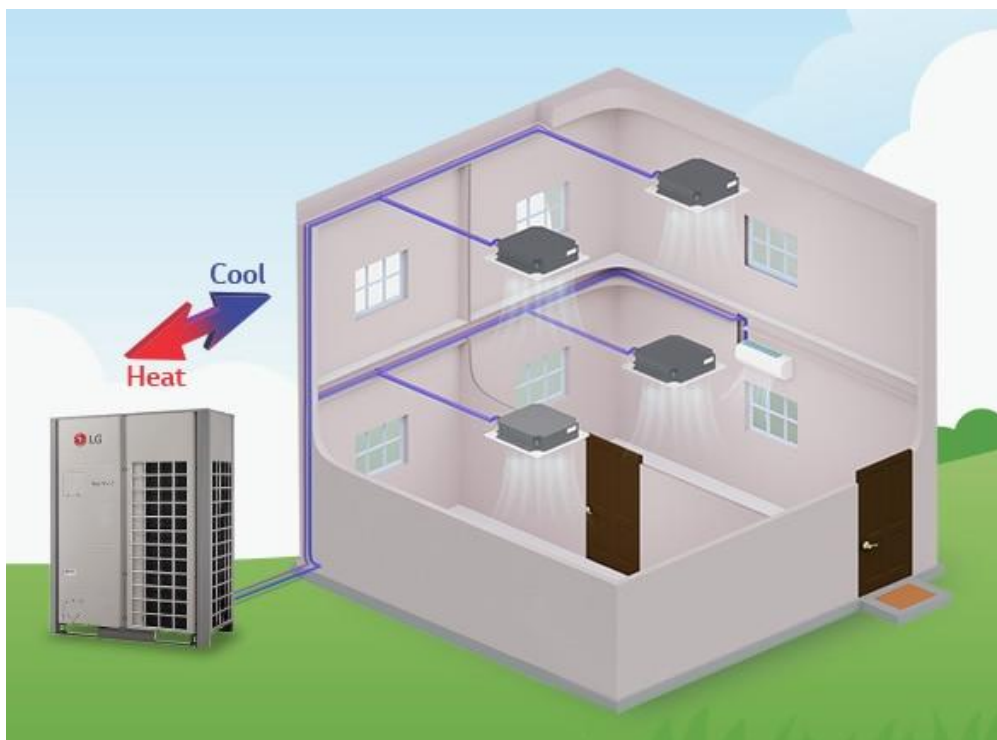
5.6.1. ŠVOK sistemos su kintamo šaldymo skysčio srauto valdymu

Kintamo šaldymo skysčio srauto (angl. *variable refrigerant flow*, VRF) sistemos, palyginti su tradicinėmis ŠVOK sistemomis, turi keletą pranašumų:

- **Veikimas be ortakių.** Vienas iš svarbiausių kintamo šaldymo skysčio srauto sistemų privalumų yra galimybė veikti be didelio ortakių tinklo. Tai ypač naudinga modernizuojant senesnius pastatus arba erdves, kur ortakių įrengimas būtų sudėtingas ar brangus.
- **Tikslus šaldymo skysčio valdymas.** Kintamo šaldymo skysčio srauto sistemos gali tiksliai reguliuoti šaldymo skysčio srautą į kiekvieną garintuvo modulį atskirai. Tai leidžia labai lanksčiai ir individualiai valdyti temperatūrą skirtingose pastato zonose.
- **Lanksti garintuvų konfigūracija.** Kintamo šaldymo skysčio srauto sistemos gali naudoti įvairaus pajėgumo ir konfigūracijos garintuvus, leidžiančius optimaliai atitikti skirtingų patalpų šildymo ir vėsinimo poreikius.
- **Individualizuotas komforto valdymas.** Kiekviena zona ar patalpa gali būti valdoma nepriklausomai, suteikiant naudotojams didesnę komforto ir valdymo laisvę.

- **Vienalaikis šildymas ir vėsinimas.** Kintamo šaldymo skysčio srauto sistemos gali vienu metu šildyti vienas pastato zonas ir vėsinti kitas, todėl jos ypač tinka pastatams, kuriuose skirtingose vietose reikalingas skirtingas temperatūros režimas.
- **Šilumos atgavimas.** Kintamo šaldymo skysčio srauto sistemos gali atgauti šilumą iš vienos zonos ir perkelti ją į kitą, taip padidindamos energijos efektyvumą ir sumažindamos eksploatacijos kaštus.

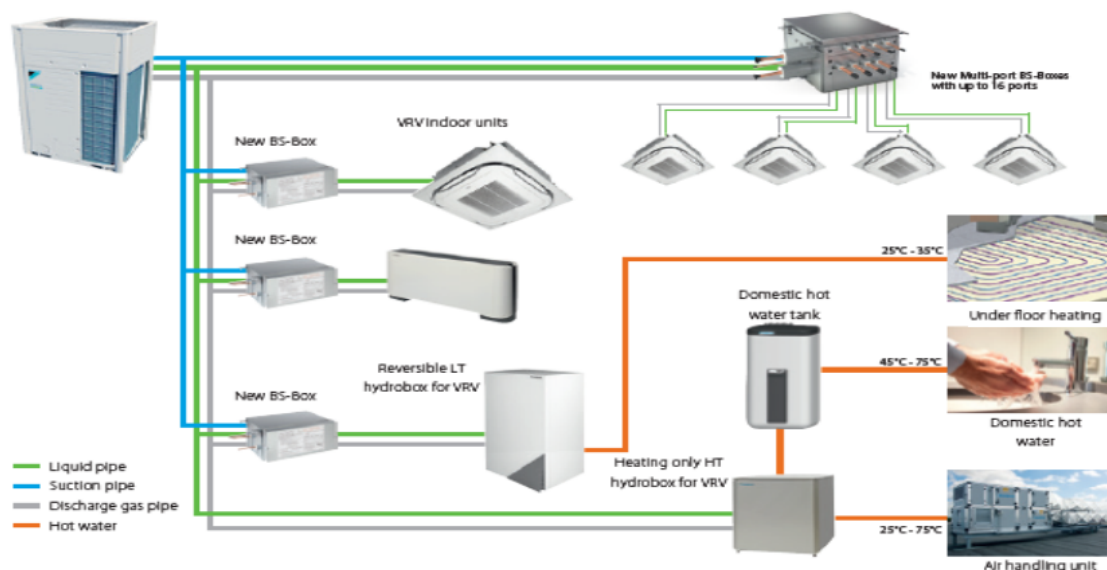
Kintamo šaldymo skysčio srauto sistemos siūlo universalius vėsinimo ir šildymo sprendimus. Vėsinimo režimu jos užtikrina komfortišką temperatūrą įvairiose patalpose, tokiose kaip biurai, prekybos centrai ar gyvenamieji pastatai. Be to, šios sistemos gali būti konfigūruojamos kaip šilumos siurbliai (dvivamzdžių sistemų pavidalu – žr. 13 pav.), tačiau tuo pačiu metu gali veikti tik vienu režimu – šildymo arba vėsinimo. Keičiant šaldymo skysčio srautą, kintamo šaldymo skysčio srauto šilumos siurbliai gali iš lauko oro išgauti šilumą ir perkelti ją į patalpas, efektyviai šildydami žiemą.



13 pav. Kintamo šaldymo skysčio srauto sistema su dviejų vamzdžių sistemomis.

Siekiant dar didesnio energijos efektyvumo, kintamo šaldymo skysčio srauto sistemos gali būti naudojamos kartu su šilumos atgavimu (trijų vamzdžių sistemos – 14 pav.). Tokia konfigūracija leidžia šioms sistemoms surinkti ir pakartotinai panaudoti šilumos perteklių iš vienos pastato zonos šildymui kitoje, reikšmingai sumažinant energijos suvartojimą ir eksploatacines sąnaudas. Patalpose, kuriose reikalingas vėsinimas, atidaroma skysčio linija, ir įrenginys veikia kaip garintuvas, tuo tarpu patalpose, kuriose reikalingas šildymas, atidaroma karštų dujų linija, ir įrenginys veikia kaip kondensatorius. Dėl šių savybių trijų vamzdžių kintamo šaldymo skysčio srauto sistemos yra itin tinkamas

sprendimas dideliems komerciniams pastatams bei įstaigoms, kuriose vienu metu būtinas tiek šildymas, tiek vėsinimas.



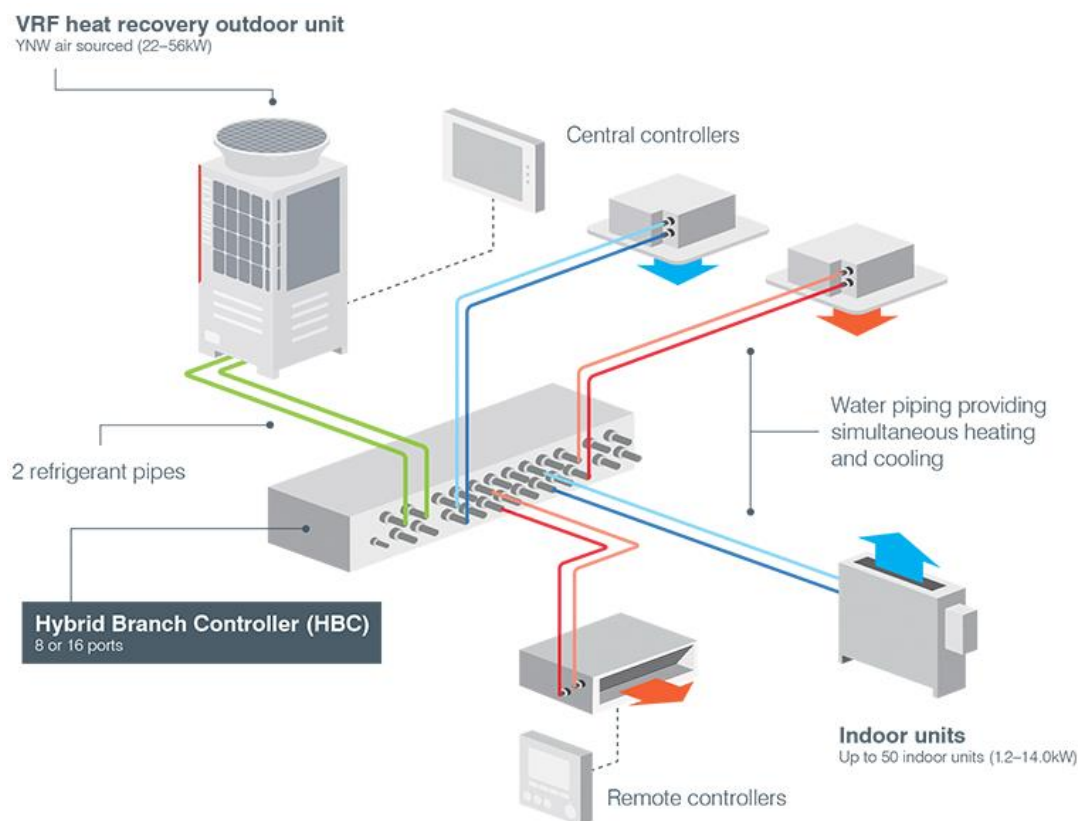
14 pav. Kintamo šaldymo skysčio sruto sistema su trijų vamzdžių sistemomis. [14]

5.6.2. Hibridinės kintamo šaldymo skysčio sruto sistemos

Hibridinės kintamo šaldymo skysčio sruto sistemos - yra neseniai atsiradusi pažangi šildymo, vėdinimo ir kondicionavimo (ŠVOK) technologija, jungianti kintamo šaldymo skysčio sruto sistemų efektyvumą su vandeniu pagrįsto šildymo ir vėsinimo privalumais. Kaip parodyta 15 pav., šios sistemos naudoja dviejų vamzdžių šilumos atgavimo konfigūraciją, kurioje šaldymo agentas tarp hibridinio skirstomojo valdiklio (angl. *hybrid branch circuit controller*, HBCC) ir patalpų vidinių įrenginių yra pakeičiamas vandeniu.

Šis novatoriškas sprendimas suteikia keletą pranašumų:

- **Sumažėjusi nuotėkio rizika.** Naudojant vandenį vietoje šaldymo agento paskutinėje jungtyje su vidiniais įrenginiais, reikšmingai mažėja šaldymo agento nuotėkio rizika. Tai ne tik apsaugo aplinką, bet ir sumažina būtinybę dažnai tikrinti ir aptarnauti nuotėkius.
- **Didėjanti lankstumas.** Hibridinės kintamo šaldymo skysčio sruto sistemos užtikrina didesnę sistemos projektavimo ir montavimo lankstumą, kadangi vandens vamzdžius paprasčiau nutiesti ir įrengti nei šaldymo agento linijas.
- **Pagerėjęs energijos efektyvumas.** Kai kuriais atvejais vandens naudojimas paskutinėje jungtyje gali padidinti bendrą sistemos efektyvumą, ypač ilgo vamzdžio atkarpose.
- **Sąnaudų taupymas.** Sumažėjęs nuotėkio detektavimo ir aptarnavimo poreikis ilgainiui lemia reikšmingas eksploatacines sąnaudas.



15 pav. Hibridinė kintamo šaldymo skysčio srauto sistema. [15]

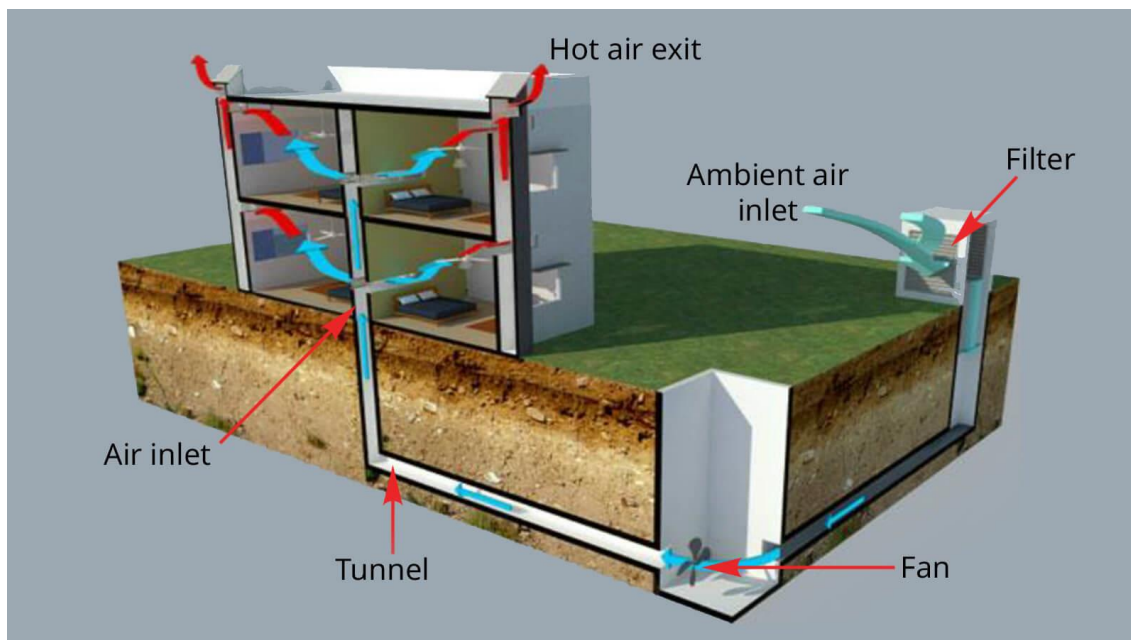
Hibridinės kintamo šaldymo skysčio srauto sistemos, naudojančios dviejų vamzdžių šilumos atgavimo principą, yra perspektyvus sprendimas siekiantiems tvaresnio, patikimesnio ir ekonomiškesnio ŠVOK sistemos sprendimo. Jungiant kintamo šaldymo skysčio srauto sistemų technologijas pranašumus su vandeniu pagrįsto šildymo ir vėsinimo nauda, šios sistemos siūlo vertingą pasirinkimą įvairioms komercinėms bei gyvenamosioms paskirtims.

5.6.3. ŠVOK sistema su žemės-oro šilumokaičiu

Požeminiai šilumokaičiai yra tvarus ir energiją taupantis sprendimas vėdinimo orui iš anksto kondicionuoti. Panaudojant žemės palyginti pastovią temperatūrą, šios sistemos reikšmingai sumažina šildymo ir vėsinimo sąnaudas.

Požeminiai šilumokaičiai naudoja vamzdynų tinklą, įrengtą tokiame gylyje, kur žemės temperatūra išlieka pastovi visus metus. 1,5–2,0 m gylyje nuo žemės paviršiaus temperatūra svyruoja apie 7–12 °C ištisus metus. Ši pastovi temperatūra gali būti tiek šiltesnė, tiek vėsesnė už aplinkos orą, priklausomai nuo vietovės ir metų laiko. Žiemos metu oras gali būti pašildytas iki 17 °C, o vasaros metu – atvėsintas iki 14 °C prieš patenkant į oro paskirstymo įrenginį. Toks oro išankstinis kondicionavimas žymiai sumažina tradicinių šildymo ir vėsinimo sistemų apkrovą, kas lemia reikšmingas energijos sąnaudų taupymo galimybes.

Kai ventiliacinis oras įtraukiamas į pastatą, jis praeina per požeminių šilumokaičių vamzdinius (žr. 16 pav.). Šiluma perduodama tarp žemės ir ventiliacinio oro, iš anksto pašildant arba atvėsinant orą prieš jo patekimą į pastatą.



16 pav. ŠVOK sistemos su žemės-oro šilumokaičiu veikimo principas.

Iš anksto kondicionuodami vėdinimo orą, požeminiai šilumokaičiai sumažina tradicinių šildymo ar vėsinimo sistemų energijos poreikį komfortiškai patalpų temperatūrai palaikyti. Dėl to galima sutaupyti nemažai energijos sąnaudų ir sumažinti anglies dioksido emisiją.

5.7 - ŠVOK sistemų priežiūra ir optimizavimas

5.7.1. Prevencinė priežiūra

Reguliari techninė priežiūra yra labai svarbi siekiant užtikrinti optimalų ŠVOK sistemų veikimą, efektyvumą ir ilgaamžiškumą. Į gerai sudarytą profilaktinės techninės priežiūros grafiką turėtų būti įtrauktos šios užduotys:

- **Filtrų keitimas.** Reguliariai keisti oro filtrus, siekiant išvengti užsikimšimų ir užtikrinti geresnę oro kokybę.
- **Ritinių valymas.** Valyti garintuvo ir kondensatoriaus ritinius, kad būtų pagerintas šilumos perdavimas.
- **Sutepimas.** Tepalais tepti judančias dalis, tokias kaip ventiliatorių varikliai ir guoliai, siekiant sumažinti dilimą.
- **Elektros patikra.** Tikrinti elektros jungtis, ieškoti laisvų kontaktų, pažeistų laidų ir kitų elektros gedimų.
- **Šaldymo skysčio lygio kontrolė.** Stebėti šaldymo skysčio kiekį ir tikrinti nutekėjimus, kad būtų išlaikyta optimali sistemos veikla.

- **Saugos patikros.** Atlikti anglies monoksido nutekėjimo, dujų nuotėkio ir kitų saugumo rizikų patikras.

Sutrikus ŠVOK sistemų veikimui, efektyvus gedimų diagnostikos procesas padeda greitai nustatyti ir pašalinti problemas. Dažniausiai naudojamos diagnostikos priemonės yra maitinimo patikra, filtrų būklės įvertinimas, pralaidumo patikra ir atskirų komponentų testavimas. Jei gedimai išlieka, rekomenduojama kreiptis į kvalifikuotą ŠVOK specialistą, kuris atliks profesionalią diagnozę ir remontą.

5.7.2. ŠVOK sistemų veikimo efektyvumo gerinimo strategijos

- **Reguliari priežiūra.** Laikytis prevencinės priežiūros grafiko, siekiant užkirsti kelią gedimams ir optimizuoti sistemos efektyvumą.
- **Energiją taupančios modernizacijos.** Apsvarstyti galimybę atnaujinti sistemą į energiją efektyviau naudojančią arba įdiegti energiją taupančius komponentus.
- **Tinkamas sistemos parinkimas.** Užtikrinti, kad ŠVOK sistema būtų tinkamai parinkta pagal patalpos dydį, siekiant išvengti per didelio ar per mažo vėsinimo bei šildymo.
- **Oro kanalų sandarinimas.** Sandarinti nutekėjimus turinčius oro kanalus, kad būtų sumažintas energijos praradimas ir pagerintas sistemos efektyvumas.
- **Termostato programavimas.** Naudoti programuojamus termostatus, kurie leidžia optimizuoti šildymo ir vėsinimo grafiką bei sumažinti energijos sąnaudas.
- **Reguliarūs patikrinimai.** Vykdyti nuolatinės apžiūras, siekiant laiku identifikuoti galimas problemas ir jas spręsti.

Laikantis šių strategijų, galima užtikrinti optimalią ŠVOK sistemos veiklą, pagerinti energinį efektyvumą ir sumažinti eksploatacines išlaidas.

6. Rezultatai

Siekiant įvertinti pamokos sėkmę, siūlome mokiniams atlikti apklausą raštu arba žodžiu.

7. Ko išmokome

ŠVOK sistemų vaidmuo reguliuojant temperatūrą, drėgmę ir oro kokybę.

Įvairių energijos vektorių privalumai, trūkumai ir taikymas.

ŠVOK sistemų sudedamosios dalys, funkcijos ir sąveika.

Dabartiniai ŠVOK sistemų tipai ir pažangios technologijos.

ŠVOK sistemų priežiūra ir optimizavimas.

Šaltiniai

- [1] European Environment Agency (EEA). [žiūrėta 2024-08-28]. Prieiga per: <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/air-pollution>.
- [2] European Commission. [žiūrėta 2024-08-28]. Prieiga per: https://environment.ec.europa.eu/topics/air_en
- [3] European Committee for Standardization (CEN). *Indoor air quality – Part 1: General aspects of indoor air quality and ventilation*. Brussels: European Committee for Standardization, 2018.
- [4] Turner, J. A., King, J. C. *Energy Vectors: Principles and Applications*. Cambridge: Cambridge University Press, 2016.
- [5] Williams, R. A., Larson, D. C. *Energy Systems Engineering*. Hoboken: John Wiley & Sons, 2018.
- [6] American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers (ASHRAE). [žiūrėta 2024-08-30]. Prieiga per: <https://www.ashrae.org/>
- [7] Ghahramani, A., Galicia, P., Lehrer, D., Varghese, Z., Wang, Z., Pandit, Y. Artificial intelligence for efficient thermal comfort systems: Requirements, current applications and future directions. *Frontiers in Built Environment*, 2020, vol. 6, p. 49.
- [8] Srivastava, A. Importance of Keeping Your Air Ducts in Good Working Condition. *Nearby Engineers*. [žiūrėta 2024-08-30]. Prieiga per: <https://www.ny-engineers.com/blog/importance-of-keeping-your-air-ducts-in-good-working-condition>
- [9] Perkins, R. Ductwork Components for Commercial Buildings. *Engineering intro*. 2021. [žiūrėta 2024-08-30]. Prieiga per: https://www.engineeringintro.com/construction-works/ductwork-components-for-commercial-buildings/?utm_content=cmp-true
- [10] Visual dictionary online. [žiūrėta 2024-08-30]. Prieiga per: <https://www.visualdictionaryonline.com/house/heating/forced-warm-air-system/types-registers.php>
- [11] Daily, L. Adding AC: Here's what you need to know about window units and portable air conditioners. *The Seattle Times*. 2020. [žiūrėta 2024-09-03]. Prieiga per: <https://www.seattletimes.com/explore/at-home/adding-ac-heres-what-you-need-to-know-about-window-units-and-portable-air-conditioners/>
- [12] MEP Academy instructor. Packaged Rooftop HVAC Units | RTU's Explained. *MEP Academy*. 2022. [žiūrėta 2024-09-03]. Prieiga per: <https://mepacademy.com/packaged-rooftop-hvac-units-rtus-explained/>

[13] Li, X., Li, Y., Seem, J. E., Li, P. Extremum seeking control of cooling tower for self-optimizing efficient operation of chilled water systems. In: *2012 American Control Conference (ACC)*; 2012 Jun 27–29; Montreal, Canada. Piscataway: IEEE, 2012, p. 3396–3401.

[14] Daikin. [žiūrėta 2024-09-03]. Prieiga per: https://www.daikin.ro/ro_ro/grupe-de-produse/VRV-inventat-de-daikin.html

[15] Mitsubishi-electric. [žiūrėta 2024-09-03]. Prieiga per: <https://www.mitsubishi-electric.co.nz/hvrf/r32-hvrf-features-benefits.aspx>