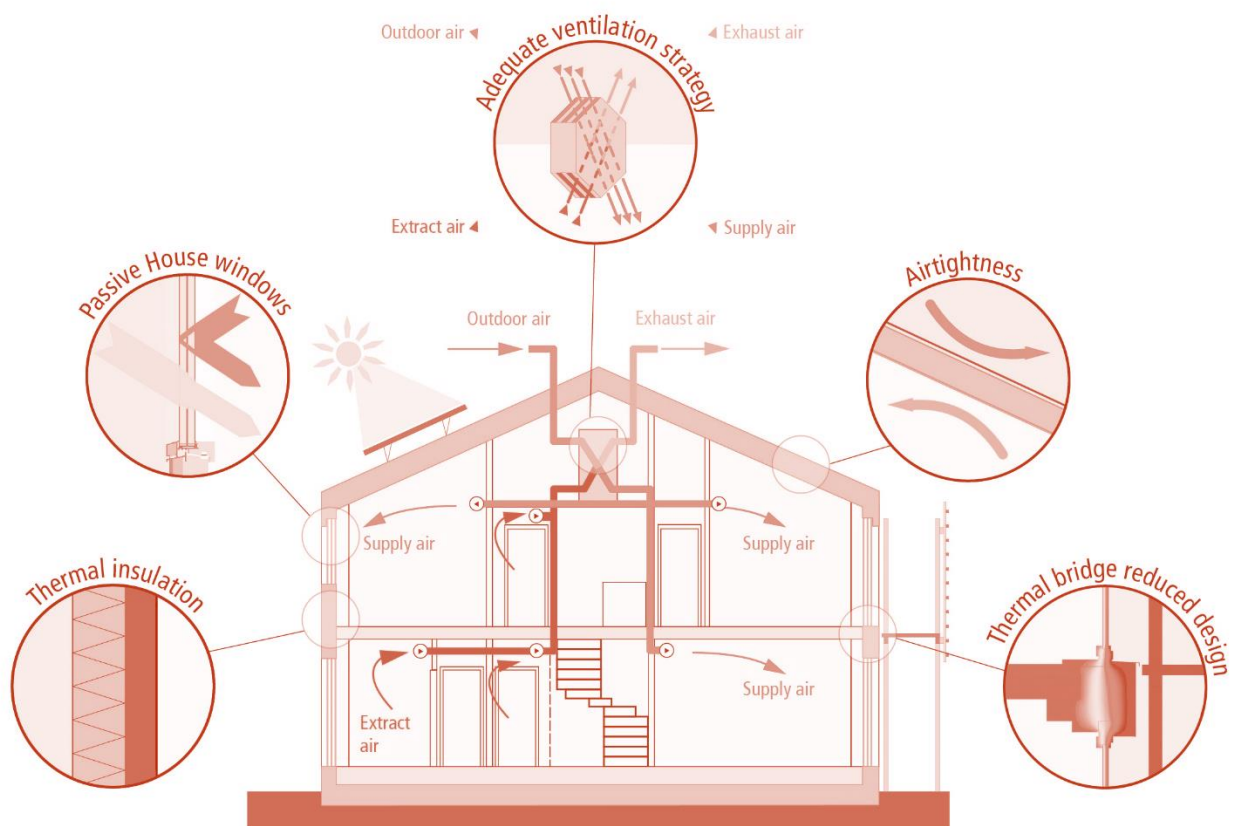


Erasmus+ Projektas ID: 2023-1-ES01-KA220-HED-000156652

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

Pasyvūs namai



1. Tikslai

Šios pamokos tikslai:

- Suprasti pasyvaus namo principus – suteikti žinių apie pagrindinius pasyvių namų projektavimo ir eksploatavimo principus, jų poveikį energijos vartojimo efektyvumui bei komfortui.
- Identifikuoti pagrindinius komponentus – išmokyti atpažinti ir suprasti svarbiausius pasyvaus namo elementus, tokius kaip šiluminė izoliacija, sandarumas, rekuperacija, saulės energijos naudojimas ir šilumos tilteliai.
- Atpažinti energijos taupymo galimybes – analizuoti, kaip pasyvaus namo technologijos padeda sumažinti šildymo, vėsinimo ir elektros sąnaudas, bei įvertinti jų ekonominę naudą.
- Skatinti tvarią statybą – supažindinti su aplinkai draugiškomis statybos technologijomis ir atsinaujinančios energijos sprendiniais, siekiant sumažinti pastatų poveikį klimatui.
- Praktinis taikymas – suteikti gebėjimų įvertinti pastato energinį efektyvumą, pasirinkti tinkamas medžiagas ir technologijas, bei pritaikyti pasyvaus namo principus realiuose statybos projektuose.

2. Mokymosi metodologija

Mokytojas apie 30 min. pristatys pamoką apie pasyvius namus.

Mokiniai perskaitys šios pamokos medžiagą žemiau nurodyta seka:

- Įvadas
 - Pasyvaus namo koncepcija
 - Pasyvių namų istorinis kontekstas
- Kodėl verta statyti pasyvų namą?
 - Energijos taupymas
 - Komfortas
 - Ilgalaikis tvarumas
 - Klimato kaitos poveikio mažinimas
- Pasyvaus namo principai
 - Šilumos izoliacija
 - Šilumos izoliacija
 - Šilumos išsaugojimo svarba
 - Izoliacinių medžiagų tipai
 - Šilumos perdavimo koeficiento (U vertės) svarba
 - Sandarumas
 - Pastato sandarumas
 - Sandarumo testai
 - Praktinės priemonės pastato sandarumui užtikrinti
 - Efektyvi ventiliacija su rekuperacija
 - Rekuperatoriaus veikimo principas

- Oro kokybės svarba sveikatai ir komfortui
 - Energijos grąžinimo efektyvumas
- Langai ir durys
 - Trigubi stiklo paketai
 - Saulės energija per tinkamą pastato orientaciją
- Šilumos tiltelių eliminavimas
 - Šilumos tiltelių poveikis energijos nuostoliams
 - Konstrukcijų sprendiniai

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. Būtinai mokymo (si) išteklių

Klasė su kompiuteriais ir prieiga prie interneto.

Reikalinga programinė įranga: .pdf dokumentus nuskaitanti įranga.

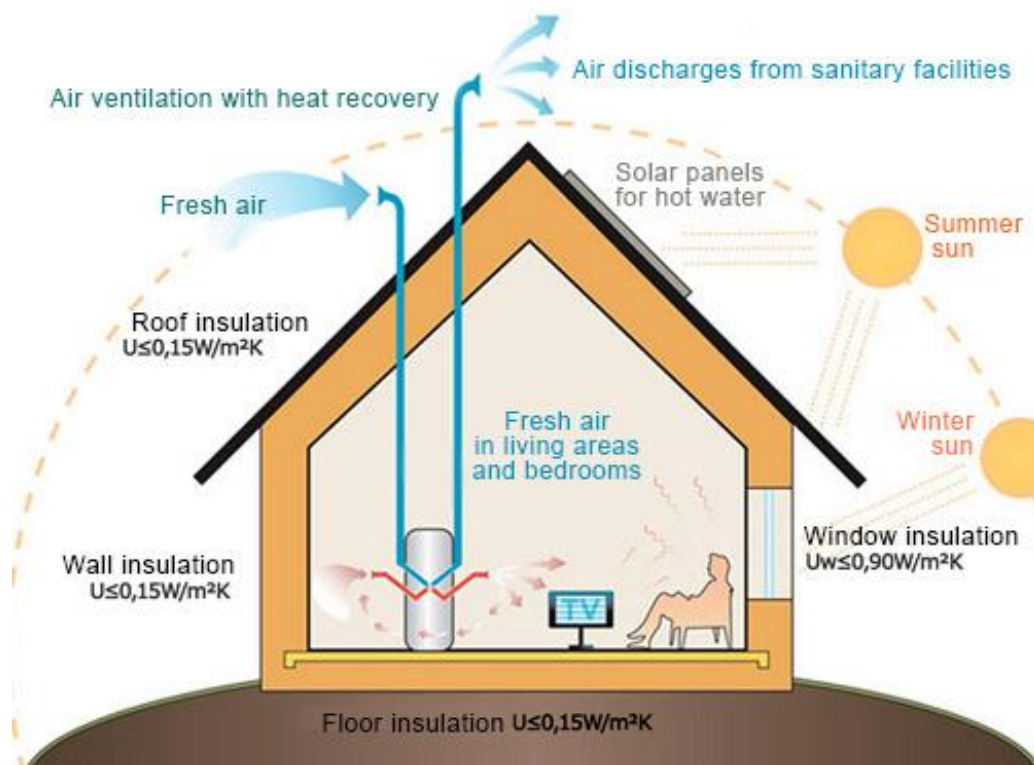
5. Turinys ir pamoka

5.1. Įvadas

5.1.1. Pasyvaus namo koncepcija

Kelis paskutinius dešimtmečius pasaulyje kalbama ir diskutuojama apie gamtos išsaugojimą, o pastaraisiais metais daug dirbama, siekiant sumažinti energetinių resursų naudojimą, tad vis populiariesni tampa energetiškai efektyvūs pastatai.

Pasyvus namas – tai energiją taupantis pastatas, sukurtas taip, kad užtikrintų aukščiausią komforto lygį, sunaudotų minimalų energijos kiekį šildymui ir vėsinimui, naudodamas efektyvias izoliacijas, sandarumo ir ventiliacijos technologijas. Pasyvus namas remiasi principu, jog didžiąją dalį energijos poreikio patenkina pasyvieji šaltiniai, tokie kaip saulės energija ir žmonių skleidžiama šiluma, o trūkstanti energijos dalis pasigaminama iš atsinaujinančių šaltinių, todėl jo eksploatacijos išlaidos yra itin mažos.



1. pav. Penki pagrindiniai pasyvaus namo principai.

5.1.2. Pasyviųjų namų istorinis kontekstas

Pasyvaus namo koncepcija buvo sukurta 1990 m. Vokietijoje, bendradarbiaujant profesorui Wolfgang Feist ir Švedijos mokslininkui Bo Adamson. Šių dviejų ekspertų tikslas buvo sukurti pastatų standartą, kuris minimizuotų energijos suvartojimą, užtikrindamas maksimalų gyvenimo komfortą. Pirmasis pasyvus namas buvo pastatytas Darmštate, Vokietijoje 1990 m. Jame buvo pritaikyti visi pagrindiniai principai: efektyvi šilumos izoliacija, efektyvūs langai, kurių didžioji dalis buvo orientuota į pietų pusę, mechaninė ventiliacija su šilumogrąža (rekuperacija) ir užtikrintas pastato sandarumas. Šis pastatas vis dar veikia kaip demonstracinis projektas ir įrodymas, kad pasyvaus namo koncepcija yra veiksminga. 1996 m. – Wolfgang Feist įkūrė *Passivhaus Institute*, kurio tikslas standartizuoti ir populiarinti pasyvaus namo principą. Institutas sukūrė aiškius techninius kriterijus pasyviems namams ir pradėjo rengti mokymus architektams, inžinieriams bei statybų specialistams. Nuo 2000 m. pasyviųjų namų koncepcija pradėjo plisti Europoje, o vėliau ir visame pasaulyje. Buvo sukurta daug pavyzdinių pasyviųjų pastatų, įskaitant mokyklas, biurus ir daugiabučius. *Passivhaus Institut* sukūrė PHPP – programinę įrangą, skirtą pasyviųjų namų energijos poreikių modeliavimui ir planavimui. Pasyvaus namo standartas tapo vienu iš svarbiausių energiją taupančių statybos metodų pasaulyje. Daugelyje šalių jis yra naudojamas kaip pagrindas tobulinant nacionalinius energijos taupymo standartus. Šiuolaikiniame pasaulyje pasyvus namas nėra tik standartas, skirtas gyvenamiesiems pastatams. Dabar jis taikomas įvairių tipų pastatams, įskaitant mokyklas, biurus ir net pramoninius objektus. *Passivhaus Institut* tęsia tyrimus ir plėtoja naujas technologijas, prisidedančias prie dar didesnio energijos efektyvumo ir klimato kaitos poveikio mažinimo.

5.2. Kodėl verta statyti pasyvų namą?

5.2.1. Energijos taupymas

Pasyvūs namai yra sukurti taip, kad sunaudotų itin mažai energijos šildymui, vėsinimui ir kitoms kasdienėms reikmėms. Štai pagrindiniai energijos taupymo privalumai:

- ✓ **Minimalios energijos sąnaudos.** Pasyvus namas sunaudoja iki 90 % mažiau energijos šildymui ir vėsinimui nei įprastas pastatas. Vidutinės šildymo energijos sąnaudos yra vos 15 kWh/m² per metus, o tai gali būti pasiekama naudojant nedidelį papildomą šildymo ar vėsinimo šaltinį.
- ✓ **Mažesnės eksploatacijos išlaidos.** Sumažėjus energijos poreikiui, mažėja mėnesinės sąskaitos už elektrą, dujas ar kitą šildymo kurą. Ilgalaikėje perspektyvoje pasyvus namas atsiperka dėl sutaupyty lėšų.
- ✓ **Atsinaujinančių energijos šaltinių naudojimas.** Pasyviems namams lengviau integruoti atsinaujinančios energijos sistemas, pvz., saulės baterijas ar geoterminį šildymą, nes energijos poreikis yra labai mažas.
- ✓ **Energetinis efektyvumas.** Dėl efektyvios izoliacijos, sandarumo ir rekuperacijos sistemos pasyvus namas palaiko pastovią vidaus temperatūrą be didelių energijos sąnaudų, net ir ekstremaliomis oro sąlygomis.
- ✓ **Energetinis saugumas.** Mažas energijos poreikis sumažina priklausomybę nuo išorinių energijos tiekėjų ir iškastinio kuro kainų svyravimų.
- ✓ **Tvarumas.** Energijos taupymas prisideda prie anglies dvideginio emisijų mažinimo ir klimato kaitos poveikio švelninimo. Tai puikus pasirinkimas tiems, kurie siekia ekologiškesnio gyvenimo būdo.

Pasyvus namas – tai ne tik sprendinys sumažinti išlaidas, bet ir žingsnis link ilgalaikio energetinio tvarumo ir komforto.

5.2.2. Komfortas

Pasyvus namas užtikrina išskirtinį gyvenimo komfortą, nes yra projektuojamas taip, kad būtų palaikoma pastovi temperatūra, puiki oro kokybė ir maksimalus gyventojų gerovės jausmas. Pagrindiniai komforto aspektai:

- ✓ **Pastovi vidaus temperatūra.** Pasyvus namas palaiko vienodą temperatūrą visose patalpose, be didelių svyravimų, nepriklausomai nuo metų laiko. Dėl efektyvios izoliacijos, rekuperacijos ir sandarumo net ir šaltuoju sezonu vidaus temperatūra išlieka virš 21 laipsnio Celsijaus, o vasarą vėsios – nepakyla daugiau 24 laipsnių Celsijaus.
- ✓ **Puiki oro kokybė.** Ventiliacijos rekuperacinė sistema su šilumogrąža užtikrina nuolatinį šviežio oro tiekimą, pašalina CO₂ ir drėgmės perteklių. Patalpose nėra skersvėjų ar oro judėjimo, kuris galėtų sukelti diskomfortą.
- ✓ **Garso izoliacija.** Storas izoliacijos sluoksnis ir kokybiški langai užtikrina puikią apsaugą nuo išorinio triukšmo, sukurdami ramybės atmosferą.
- ✓ **Natūrali šviesa.** Langai didžiąja dalimi orientuojami į pietus, kad būtų maksimaliai išnaudota saulės šviesa, todėl pasyviame name gyvenama erdvė yra kuriama šviesi ir jauki.

- ✓ **Maloni drėgmės pusiausvyra.** Sandarumo ir ventiliacijos dėka palaikoma optimali oro drėgmė (40–60%), kuri yra sveika odai, kvėpavimo takams ir bendrai sveikatai.
- ✓ **Sienų paviršių komfortas.** Gerai izoliuoti pastato komponentai užtikrina, kad sienos, grindys ir lubos yra tokios pat šiltos kaip oras, todėl nėra „šaltų zonų“ ar diskomforto.
- ✓ **Be triukšmingų šildymo ar vėsinimo sistemų.** Dėl minimalios mechaninės įrangos pasyvūs namai neturi triukšmingų šildymo katilų ar oro kondicionierių, o tai dar labiau prisideda prie komforto.

Pasyvus namas užtikrina ne tik energijos taupymą, bet ir aukščiausio lygio komfortą, leidžiantį gyventi sveikoje, ramesnėje ir malonesnėje aplinkoje. Tai yra investicija ne tik į energijos efektyvumą, bet ir į kasdienę gyvenimo kokybę.

5.2.3. Ilgalaikis tvarumas

Pasyvūs namai yra suprojektuoti taip, kad būtų ne tik energiją taupantys, bet ir ilgalaikiai, tvarūs bei draugiški aplinkai. Šis standartas užtikrina, kad namai prisidėtų prie aplinkos apsaugos ir išliktų ekonomiškai naudingi daugelį metų.

Mažesnis poveikis aplinkai

- Sumažintos CO₂ emisijos: pasyvus namas sunaudoja iki 90% mažiau energijos, palyginti su tradiciniu pastatu, todėl mažiau prisideda prie klimato kaitos.
- Mažesnis iškastinio kuro poreikis: dėl mažo energijos poreikio pasyviame namui lengviau pereiti prie atsinaujinančių energijos šaltinių, tokių kaip saulės baterijos ar geoterminis šildymas.

Ilgaamžiškumas

- Kokybiškos medžiagos: pasyviuose namuose naudojamos aukštos kokybės izoliacinės medžiagos, langai, durys ir efektyvūs statybiniai sprendiniai, kurie tarnauja dešimtmečius.
- Patvarus dizainas: konstrukcijos be šilumos tiltelių užtikrina, kad pastatas išliks atsparus drėgmei, pelėsiui ir temperatūros svyravimams, todėl reikalauja mažiau priežiūros.

Ekonominis tvarumas

- Mažesnės eksploatacijos išlaidos: mažos energijos sąnaudos šildymui, vėsinimui ir kitoms reikmėms reiškia, kad ilgainiui sumažėja išlaidos.
- Ilgalaikė vertė: pasyvūs namai išlaiko didesnę nekilnojamojo turto vertę, nes jie yra patrauklūs dėl energijos efektyvumo ir komforto.

Prisitaikymas prie ateities reikalavimų

- Atsparumas energijos kainų svyravimams: dėl labai mažo energijos poreikio pasyvaus namo savininkai yra mažiau priklausomi nuo kylančių energijos kainų.
- Tinkamumas klimato pokyčiams: pasyvūs namai yra projektuojami taip, kad išlaikytų komfortą ekstremaliomis oro sąlygomis – nuo šaltų žiemų iki karštų vasarų.

Skatinimas naudoti tvarius sprendimus

- Pasyvus namas yra ilgalaikės tvarios gyvenimo filosofijos pavyzdys, užtikrinantis mažesnį poveikį aplinkai, didesnį patvarumą ir finansinį stabilumą. Tai investicija ne tik į dabartį, bet ir į mūsų planetos ateitį.

5.2.4. Klimato kaitos poveikio mažinimas

Pasyvūs namai reikšmingai prisideda prie klimato kaitos poveikio mažinimo, nes jie sukurti taip, kad maksimaliai sumažintų energijos suvartojimą ir su tuo susijusias CO₂ emisijas.

Pagrindiniai aspektai, kaip pasyvus namas padeda kovoti su klimato kaita

Mažesnis energijos poreikis

- Iki 90% mažesnės energijos sąnaudos: pasyvus namas sunaudoja labai mažai energijos šildymui ir vėsinimui (vos 15 kWh/m² per metus), todėl mažėja poreikis naudoti iškastinį kurą, kuris yra vienas pagrindinių šiltnamio efektą sukeliančių dujų šaltinių.
- Energijos efektyvumas visose srityse: naudojamos modernios technologijos, tokios kaip rekuperacija, kurios padeda išlaikyti šilumą ir vėsą, mažinant šilumos nuostolius.
- Atsinaujinančios energijos naudojimas: pasyviuose namuose energijos poreikis yra toks mažas, kad jis gali būti visiškai padengtas atsinaujinančiais šaltiniais, pvz., saulės baterijomis, geoterminiu šildymu ar vėjo energija. Atsinaujinanti energija ne tik mažina šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas, bet ir užtikrina energetinį savarankiškumą.

CO₂ emisijų mažinimas

- Minimali CO₂ emisija: mažas energijos poreikis ir atsparumas energijos nuostoliams reiškia, kad pasyvus namas išmeta gerokai mažiau anglies dvideginio nei įprasti pastatai.
- Ilgalaikis poveikis: per savo gyvavimo laiką pasyvus namas žymiai sumažina bendrą emisijų kiekį, prisidedamas prie klimato kaitos poveikio švelninimo.

Tvorių medžiagų naudojimas

- Ekologiškos ir perdirbamos medžiagos: pasyvūs namai dažnai statomi naudojant medžiagas, kurių gamybos procesas išskiria mažiau CO₂.
- Ilgaamžiškumas: pasyvaus namo konstrukcijos yra atsparios ir ilgalaikės, todėl reikalauja mažiau priežiūros ir renovacijų, kas sumažina papildomų išteklių poreikį.

Pavyzdys kitiems

- Klimato sąmoningumo skatinimas: pasyvūs namai tampa modeliu, kaip gyventi atsakingai, tausiai naudojant gamtos išteklius ir mažinant klimato kaitos poveikį.
- Standartų kėlimas: pasyvus namas yra etalonas kitiems statybų standartams, skatindamas energiją taupančių technologijų ir tvorių sprendimų integravimą.

Pasyvus namas – tai atsakingas pasirinkimas, mažinantis žmogaus veiklos poveikį aplinkai. Jis prisideda prie klimato kaitos poveikio švelninimo, mažindamas energijos poreikį, šiltnamio efektą sukeliančių dujų emisijas ir skatindamas tvorių sprendimų naudojimą. Tai svarbus žingsnis į klimato kaitos mažinimą ir švaresnę ateitį.

5.3. Pasyvaus namo principai

5.3.1. Šilumos izoliacija

Šilumos išsaugojimo svarba

Šilumos išsaugojimas yra esminis pasyvaus namo principas, kuris užtikrina mažas energijos sąnaudas, komfortą ir tvarumą. Tai pasiekama sumažinant šilumos nuostolius per pastato konstrukcijas ir efektyviai išnaudojant natūralius šilumos šaltinius.

Šilumos išsaugojimas pasyviame name yra raktas į energijos efektyvumą, komfortą ir tvarumą. Jis užtikrina, kad šildymo energija būtų maksimaliai išnaudojama, o šilumos nuostoliai būtų minimalūs, sukuriant ilgalaikę naudą tiek gyventojams, tiek aplinkai.

Izoliacinių medžiagų tipai

Izoliacinės medžiagos yra esminė pasyvaus namo statybos dalis, nes jos padeda sumažinti šilumos nuostolius ir išlaikyti pastovią vidaus temperatūrą. Pasirinktos medžiagos turi būti labai efektyvios ir atitikti pasyvaus namo šilumos perdavimo (U vertės) reikalavimus.

Mineralinės izoliacinės medžiagos

Mineralinė vata (pav. 2)

Sudaryta iš akmens ar stiklo pluošto.

Privalumai: geras šilumos ir garso izoliacijos lygis, atspari ugniai, ekologiška.

Naudojimas: sienų, lubų, grindų izoliacijai.

Stiklo vata

Lengva ir elastinga, tinkama sudėtingos formos konstrukcijoms. Atspari drėgmei, tačiau reikalauja tinkamos garų barjero sistemos.



Pav. 2 Šiltinimas mineralinės vatos izoliacinėmis medžiagomis.

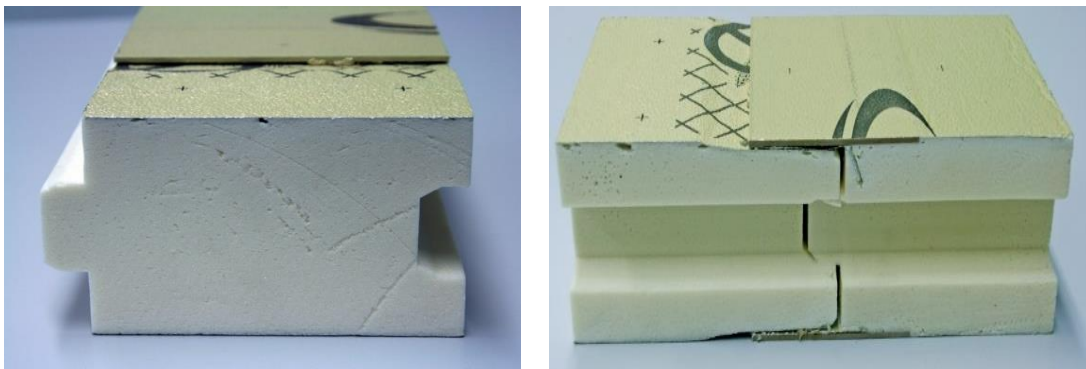
Polimerinės izoliacinės medžiagos

Poliuretano putos ir putų plokštė (PUR) (pav. 3)

Naudojamas: purškimo būdu arba plokščių pavidalu.

Privalumai: didelė garso izoliacija, itin mažas šilumos laidumas, sukuria sandarų sluoksnį be šilumos tiltelių.

Naudojimas: grindų, stogų ir sudėtingų konstrukcijų izoliacijai.



Pav. 3 Poliuretano putų plokštės (PUR).

Polistireninis putplastis (EPS ir XPS) (pav. 4)

EPS (išplėstinis polistirenas)

Labai lengvas, naudojamas sienų ir lubų izoliacijai.

Privalumai: lengvas, ekonomišką, geras šilumos pralaidumas.

XPS (ekstruduotas polistirenas)

Tvirtesnis, atsparus drėgmei, tinka pamatams ir grindims.

Privalumai: atsparus drėgmei ir mechaniniam poveikiui, padidintas patvarumas, tinka įvairioms reikmėms, efektyvus šilumos izoliatorius.



Pav. 4 Pastato sienų šiltinimas polistireninio putplasčio (Neopor) plokštėmis.

Natūralios izoliacinės medžiagos

Medžio plaušų plokštės (pav. 5)

Privalumai: ekologiškos, lengvai perdirbamos, geras garso izoliacijos lygis.
Naudojimas: stogų, sienų, grindų izoliacijai.

Šiaudai

Naudojami ekologinėse statybose kaip sienų izoliacinė medžiaga.

Privalumas – maža kaina ir perdirbamumas.

Veltinis ir avių vilna

Naudojama vidinei izoliacijai, gerai reguliuoja drėgmę.

Korkas (kamštinė medžiaga)

Privalumai: gamtinė medžiaga, puikus izoliatorius. Atsparus drėgmei ir pelėsiui.
Naudojimas: grindų ir sienų izoliacijai.



Pav. 5 Medžio plaušo plokštės.

Inovatyvios izoliacinės medžiagos

Aerogelis

Ypač efektyvi, lengva ir plona medžiaga.

Privalumai: mažas šilumos laidumas net plonu sluoksniu.

Naudojama itin aukšto efektyvumo reikalaujančiose konstrukcijose.

Vakuminės izoliacinės plokštės (VIP) (pav. 6)

Privalumai: ypač plonos, bet itin efektyvios.

Naudojimas: specialiems projektams, kur svarbu taupyti erdvę.



Pav. 6 Grindų šiltinimas vakuminėmis izoliacijos plokštėmis.

Birios ir purškiamos medžiagos**Ekovata**

Pagaminta iš perdirbto popieriaus.

Privalumai: ekologiška, lengvai užpildanti ertmes.

Naudojimas: sienų ir stogų ertmių užpildymui.

Purškiamos putos (poliuretano)

Užtikrina sandarumą ir eliminuoja šilumos tiltelius.

Izoliacijos pasirinkimo kriterijai**ŠILUMOS LAIDUMO
KOEFIICIENTAS**

- Kuo mažesnis, tuo geriau medžiaga izoliuoja.

ATSPARUMAS DRĖGMEI

- Svarbu grindų ir pamatų izoliacijai.

ATSPARUMAS UGNIAI

- Ypač aktualu gyvenamųjų namų izoliacijai.

EKOLOGIŠKUMAS

- Ar medžiaga draugiška aplinkai ir perdirbama.

**MONTAVIMO
PAPRASTUMAS**

- Ar medžiagą lengva įrengti.

Tinkama izoliacinių medžiagų kombinacija užtikrina pasyvaus namo energijos efektyvumą, komfortą ir ilgaamžiškumą.

Šilumos perdavimo koeficiento (U-vertės) svarba

Šilumos perdavimo koeficientas (U vertė) – tai pastato konstrukcijų savybė, apibūdinanti, kiek šilumos prarandama per kvadratinį metrą paviršiaus per laiko vienetą, kai temperatūros skirtumas tarp pastato vidaus ir išorės yra 1 kelvinas (W/m^2K). Ši vertė yra labai svarbi pasyviuose namuose, nes tiesiogiai lemia energijos sąnaudas, komfortą ir tvarumą.

U-vertė Pasyviuose pastatuose

**Efektvios
šilumos
izoliacijos
indikatorius**

Maža U vertė reiškia, kad pastato konstrukcijos (sienos, stogas, grindys, langai) efektyviai sulaiko šilumą ir sumažina šilumos nuostolius.

**Energijos
sąnaudų
mažinimas**

Konstrukcijos su žema U verte leidžia pasyviems namams išlaikyti minimalų šildymo poreikį, kuris yra tik 15 kWh/m² per metus.

U-vertės reikalavimai Pasyviame pastate

Pasyvus namas turi atitikti griežtus U vertės standartus, kad būtų užtikrintas energijos efektyvumas:

Konstrukcija	Reikalaujama U vertė (W/m ² K)
Išorinės sienos	≤ 0,15
Stogas	≤ 0,15
Grindys (kontaktas su gruntu)	≤ 0,15

Mažos U vertės privalumai

- Šilumos nuostolių mažinimas: mažesnis šilumos perdavimas reiškia, kad daugiau šilumos išlieka pastato viduje žiemos metu.
- Komfortas: paviršiai, tokie kaip sienos, grindys ir langai, išlieka šilti ir malonūs liesti, o temperatūra patalpose yra vienoda.
- Mažesnės eksploatacijos išlaidos: geresnė šilumos izoliacija leidžia sutaupyti energiją šildymui ir vėsinimui.

U vertės įtaka konstrukcijoms

- Išorinės sienos: daug šilumos prarandama per sienas, todėl jų izoliacijai reikia skirti ypatingą dėmesį.
- Langai: langai yra viena iš silpniausių vietų šilumos nuostolių atžvilgiu, todėl pasyviuose namuose naudojami trigubi stiklo paketai su efektyvia šilumos izoliacija.
- Grindys ir pamatai: šiluma gali būti prarasta per grindis, jei nėra tinkamos izoliacijos. Izoliacinės medžiagos turi užtikrinti, kad šiluma išliktų pastato viduje.

Tvarumo aspektas

- Mažesnis energijos suvartojimas: konstrukcijos su maža U verte mažina iškastinio kuro naudojimą ir CO₂ emisijas.
- Ilgaamžiškumas: tinkamai izoliuoti pastatai tarnauja ilgiau ir reikalauja mažiau priežiūros.

U vertės skaičiavimo pavyzdys:

Jei konstrukcija susideda iš kelių sluoksnių (pvz., izoliacija, plytos, tinkas), U vertė apskaičiuojama kaip sluoksnių šilumos varžų suma:

$$U = \frac{1}{R_{\text{insolation}} + R_{\text{structure}} + R_{\text{other}}}$$

Kuo didesnė šilumos varža (R), tuo mažesnė U vertė.

Šilumos perdavimo koeficientas (U vertė) yra svarbus rodiklis, kuris leidžia vertinti pastato energijos efektyvumą. Maža U vertė užtikrina šilumos nuostolių mažinimą, komfortą ir mažesnes šildymo bei vėsinimo išlaidas, todėl tai yra vienas pagrindinių pasyvaus namo standartų reikalavimų.

5.3.2. Sandarumas

Pastato sandarumas – tai gebėjimas išvengti nevaldomo oro judėjimo per pastato konstrukcijas, jungtis ir sandūras. Jis yra vienas iš esminių pasyvaus namo principų, nes tiesiogiai veikia energijos taupymą, komfortą ir pastato ilgaamžiškumą.

Ką reiškia pastato sandarumas?

Sandarumas užtikrina, kad oras neįeina ir neišeina per nesandarumus (pvz., plyšius, nesandarias jungtis, duris ar langus). Siekiama sumažinti oro nuotėkį, kuris gali lemti šilumos nuostolius ir padidinti energijos poreikį.

Kodėl pastato sandarumas svarbus?**Energijos efektyvumas**

- Nevaldomas oro nuotėkis lemia šilumos praradimą žiemą ir šilumos įsiskverbimą vasarą. Sandarumas sumažina šildymo ir vėsinimo poreikį.

Komfortas

- Užkerta kelią skersvėjams, todėl vidinė temperatūra išlieka vienoda ir maloni.

Oro kokybė

- Sandarus pastatas kartu su efektyvia ventiliacijos sistema užtikrina, kad oras būtų švarus ir tinkamai drėkinamas.

Ilgaamžiškumas

- Sandarumas apsaugo konstrukcijas nuo drėgmės ir pelėsio, kurie gali atsirasti dėl oro judėjimo ir kondensacijos.

Kaip matuojamas sandarumas?

Blower Door
Test

Ventiliatoriaus durų testas - tai standartinis metodas, naudojamas pastato sandarumui įvertinti. Testo metu specialus ventiliatorius sukelia pastato viduje slėgio skirtumą (50 Pa), ir matuojama, kiek oro patenka ar išeina per nesandarias vietas. Pasyviam namui taikomas reikalavimas: oro nuotėkio rodiklis (n_{50}) $\leq 0,6$ oro mainų per valandą.

Kaip užtikrinti pastato sandarumą?

Konstrukciniai sprendiniai

- Tinkamas sienų, lubų ir grindų jungčių sandarinimas. Sandarios durys ir langai su aukštos kokybės tarpinėmis.

Medžiagų naudojimas

- Garų barjerinės plėvelės, sandarinimo juostos, poliuretano putos.

Montavimo kokybė

- Užtikrinti, kad medžiagos būtų tinkamai įdiegtos, o visos jungtys – sandarios.

Sandarumo ir ventiliacijos balansas

Efektyvi ventiliacija

- Sandarūs pastatai naudoja mechaninę ventiliacijos sistemą su rekuperacija, kad užtikrintų šviežio oro tiekimą be šilumos nuostolių.

Kontroliuojamas oro mainų procesas

- Sandarumas leidžia valdyti, kiek oro ir kaip patenka į pastatą, priešingai nei nevaldomas oro nutekėjimas.

Problemos dėl nesandaraus pastato

- Padidėjęs šilumos praradimas, dėl kurio didėja energijos sąnaudos.
- Skersvėjai, bloginantys komfortą.
- Drėgmė, pelėsis ir kondensatas, kurie gali pažeisti konstrukcijas.
- Triukšmo pralaidumas, nes nesandarumai gali leisti patekti išorės garsams.

Pastato sandarumas yra būtina pasyvaus namo savybė, užtikrinanti šilumos nuostolių mažinimą, vidinį komfortą ir konstrukcijų ilgaamžiškumą. Tinkamai įgyvendintas sandarumo sprendinys kartu su ventiliacijos sistema leidžia pasyviems namams būti energijos efektyvumo ir komforto pavyzdžiu.

Sandarumo testai

Sandarumo testas – tai standartizuotas metodas, naudojamas įvertinti pastato oro sandarumą, nustatant, kiek oro nekontroliuojamai patenka ar išeina per nesandarias vietas. Tai esminis žingsnis pasyvaus namo sertifikavimui, siekiant užtikrinti, kad pastatas atitinkų energijos efektyvumo ir komforto reikalavimus.



Pav 7. Testo tipai pagal reikiamą galią.

Tikslas: patikrinti, ar pastato konstrukcijos (sienos, langai, durys, jungtys) yra sandarios.

Sandarumo testas atliekamas naudojant specialų įrenginį – *Blower Door* (ventiliatoriaus durų sistemą). Sukuriamas slėgio skirtumas (50 Pa) tarp pastato vidaus ir išorės, ir matuojama, kaip greitai oras įsiskverbia į pastatą arba iš jo išteka.

- ✓ Ventiliatoriaus montavimas: durų ar lango vietoje įrengiamas ventiliatorius su reguliuojamu sandarumo rėmu.
- ✓ Slėgio kūrimas: ventiliatorius sumažina arba padidina pastato vidaus oro slėgį, kad sukeltų 50 Pa slėgio skirtumą
- ✓ Oro nuotėkio matavimas: matavimų įranga registruoja, kiek oro pereina per nesandarias vietas.
- ✓ Nesandarių vietų nustatymas: naudojamos papildomos priemonės, pvz., termovizoriai, dūmų generatoriai arba ultragarsiniai detektoriai, kad tiksliai nustatytų nesandarias vietas.

Sandarumo reikalavimai pasyviam namui

n50 rodiklis (oro mainų skaičius): parodo, kiek kartų per valandą visas pastato oro tūris pasikeičia dėl nuotėkio.

Pasyvaus namo standartas: $n50 \leq 0,6$ oro mainų per valandą (50 Pa slėgio skirtumas).

Reikalavimų reikšmė: mažesnis rodiklis reiškia geresnį sandarumą, mažesnius šilumos nuostolius ir didesnę energijos efektyvumą.

Sandarumo testų nauda

Energijos taupymas

- Identifikuojami nesandarumai, kuriuos pašalinus sumažinami šilumos nuostoliai.

Komfortas

- Užtikrinamas tolygus temperatūros pasiskirstymas ir pašalinami skersvėjai.

Konstrukcijų apsauga

- Sandarus pastatas apsaugo konstrukcijas nuo drėgmės, pelėsio ir kondensacijos.

Sertifikavimas

- Sandarumo testas yra būtinas pasyvaus namo sertifikavimo proceso etapas.

Papildomi testavimo metodai

Dūmų testas

- Naudojami dūmai, siekiant vizualiai nustatyti nesandarumų vietas.

Termovizija

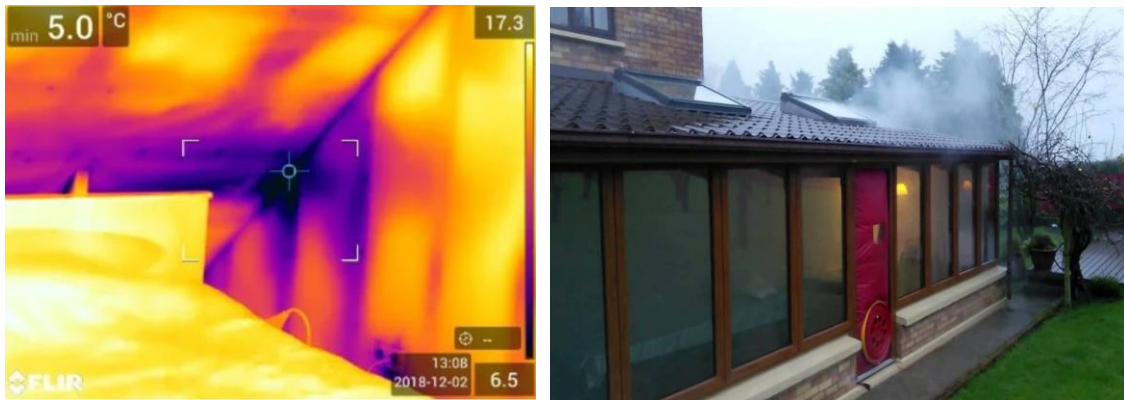
- Naudojami termovizoriai, kad būtų galima matyti šilumos nuostolių zonas.

Ultragarsinis testas

- Ultragarsiniai detektoriai identifikuoja oro judėjimą nesandariose vietose.

Kada atliekamas sandarumo testas?

- **Statybos metu:** testas atliekamas prieš uždengiant konstrukcijas, kad būtų galima ištaisyti nesandarumus.
- **Baigus statybas:** galutinis testas užtikrina, kad pastatas atitinka pasyvaus namo standartus.



Pav. 8 Termovizinė nuotrauka sandarumo testo metu ir vaizdas naudojant dūmų generatorių – nesandariom vietom surasti.

Sandarumo testai yra būtini, užtikrinant, kad pastatas atitiktų energijos efektyvumo, komforto ir ilgaamžiškumo reikalavimus. Jie leidžia identifikuoti ir pašalinti silpnąsias konstrukcijos vietas, kurios galėtų sukelti šilumos nuostolius ar kitus trūkumus.

Praktinės priemonės sandarumui užtikrinti

Siekiant užtikrinti pastato sandarumą ir sumažinti oro nuotėkius, būtina naudoti tinkamas medžiagas, sprendinius ir užtikrinti kruopštų įrengimą. Pasyviame name tai yra itin svarbu, nes sandarumas tiesiogiai lemia energijos efektyvumą, komfortą ir pastato ilgaamžiškumą.

Medžiagos, užtikrinančios sandarumą

- Sandarinimo juostos atsparios temperatūros svyravimams ir drėgmei, garų barjerinės plėvelės, reikalingos nekontroliuojamam oro judėjimui išvengti, poliuretano putos, hermetikai ir mastikos, specialios montavimo putos.

Sandarūs sujungimai

- Įsitikinkite, kad visos sienų, grindų ir lubų jungtys yra sandarios.
- Įtrūkimams ir šiluminiams tilteliams pašalinti turi būti naudojamos siūlių sandarinimo sistemos.

Langų ir durų montavimas

- Naudojamos specialios sandarinimo juostos ir tinkamai pritaikytos montavimo putos.
- Rėmai turi būti sumontuoti taip, kad būtų išvengta šilumos tiltelių susidarymo.

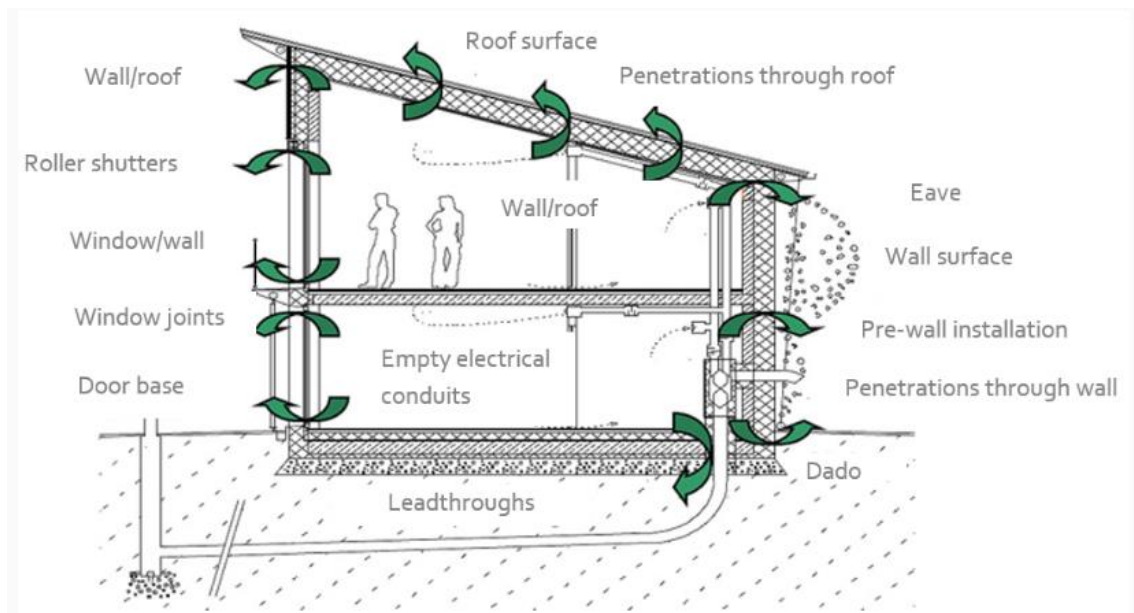
Inžinerinių tinklų sandarinimas

- Vamzdžių, laidų ir ventiliacijos kanalų praėjimai per sienas ar stogus turi būti kruopščiai užsandarinti.

Montavimo kokybė

- Kruopštus darbas: sandarumo užtikrinimas priklauso ne tik nuo medžiagų, bet ir nuo darbo tikslumo. Net mažiausi nesandarumai gali sukelti didelius šilumos nuostolius.
- Tinkama medžiagų kombinacija: garų barjerai, plėvelės, putos ir juostos turi būti suderintos, kad nesukeltų kondensacijos ar kitų problemų.
- Kontrolė statybos metu: sandarumo testai gali būti atliekami tarp statybos etapų, siekiant laiku ištaisyti trūkumus.

Dažniausiai pasitaikančios nesandarumo vietos ir jų sprendiniai



Pav. 9 Dažniausiai aptinkamos nesandarios vietos, sandarumo testo metu. (Schulze Darup, PHS, 2.1 skaidrė, p 20, adapted).

Tinkamų medžiagų pasirinkimas, kokybiški statybos sprendimai ir kruopštus darbas užtikrina sandarumą. Sandarus pastatas ne tik sumažina energijos nuostolius, bet ir pagerina komfortą bei ilgaamžiškumą.

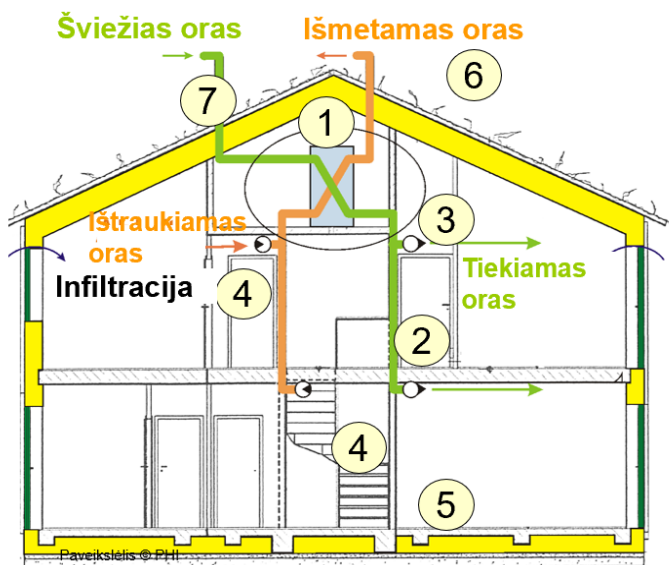
Efektyvi ventiliacija su rekuperacija

Rekuperatoriaus veikimo principas

- Rekuperatorius yra mechaninės vėdinimo sistemos įrenginys, skirtas užtikrinti šviežio oro tiekimą į pastatą, kartu išlaikant didžiąją dalį šilumos, esančios išmetamame ore. Šis procesas leidžia sumažinti šildymo ir vėsinimo išlaidas bei užtikrinti sveiką vidaus mikroklimatą.

Kaip veikia
rekuperatorius?

- Šilumos atgavimas: šiluma perkeliama iš pastato išmetamo oro į tiekiamą šviežią orą.
- Efektyvus vėdinimas: užtikrinamas nuolatinis šviežio oro tiekimas, neleidžiant kauptis anglies dioksidui, drėgmei ar kitoms kenksmingoms medžiagoms.



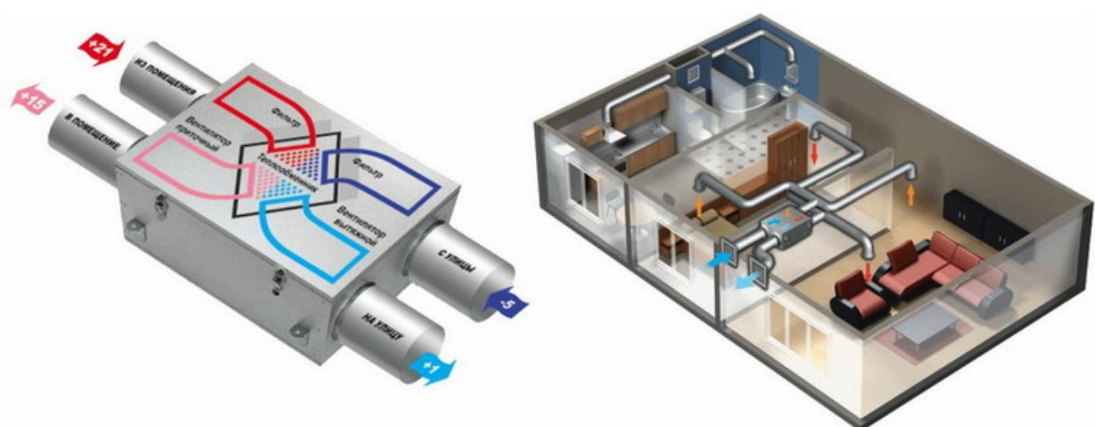
Charakteristikos

Centralizuotai įrengtas vėdinimo įrenginys su ventiliatoriumi ir šilumos atkūrimu.

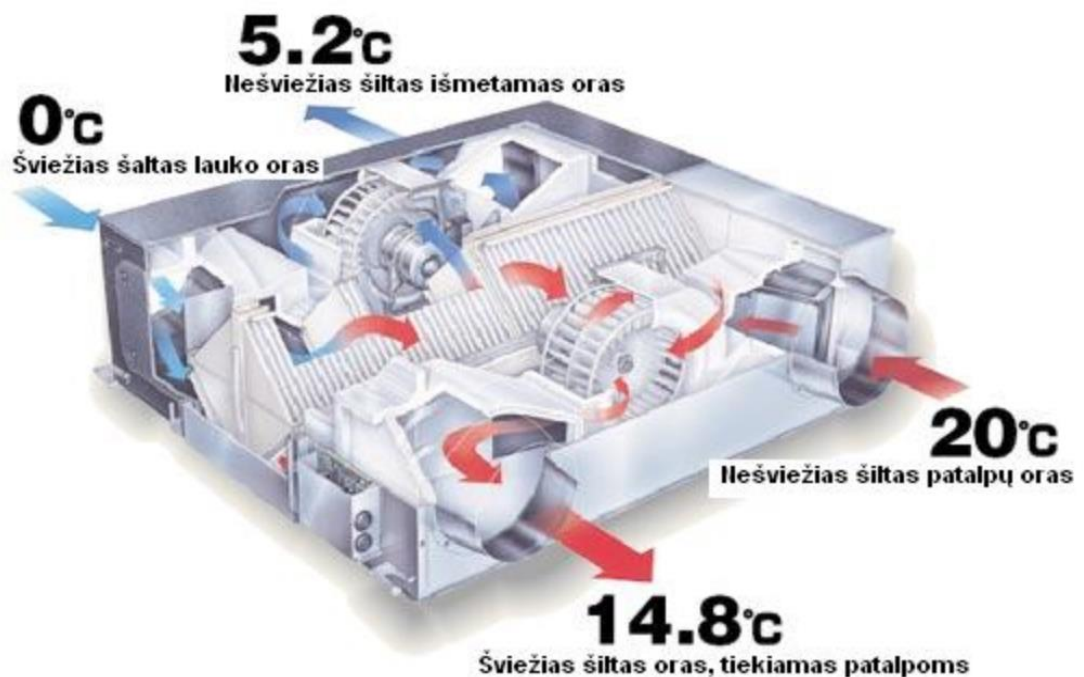
Oro tiekimas ir ištraukimas vykdomas per atskirus ortakius.

Pagrindiniai komponentai

1. Vėdinimo įrenginys su ventiliatoriumi, reguliavimu, šilumos atkūrimu, filtru.
2. Ortakių tinklas su garso slopintuvu.
3. Oro tiekimo vožtuvas.
4. Oro ištraukimo vožtuvas.
5. Oro perdavimas.
6. Oro išmetimo įtaisas.
7. Oro įleidimo įtaisas.



Pav. 10 Principinė rekuperacinės sistemos schema ir 3D vizualizacija.



Pav. 11 Rekuperatoriaus veikimo principas.

Išmetamo oro surinkimas

- Šiltas ir drėgnas oras ištraukiamas iš patalpų (pvz., vonios, virtuvės, gyvenamųjų kambarių).

Šilumos mainai

- Išmetamas oras praeina per šilumokaitį, kuriame jo šiluma perduodama šaltam lauko orui, neleidžiant tiesiogiai susimaišyti šiems oro srautams.

Šviežio oro tiekimas

- Lauko oras, įgijęs šilumą iš išmetamo oro, tiekiamas į pastato gyvenamąsias patalpas (pvz., miegamuosius, svetainę).

Oro srautų valdymas

- Rekuperatorius užtikrina, kad išmetamas ir tiekiamas oras juda atskirai, taip išvengiant teršalų ar kvapų pernešimo.

Pagrindinės rekuperatoriaus dalys

Šilumokaitis

- Pagrindinis komponentas, kuriame vyksta šilumos mainai. Gali būti plokštelinis, rotacinis arba priešpriešinio srauto.

Ventiliatoriai

- Vienas ventiliatorius traukia išmetamą orą, o kitas tiekia šviežią orą.

Filtrai

- Valo tiek tiekiamą, tiek išmetamą orą, užtikrindami sveiką vidaus klimatą.

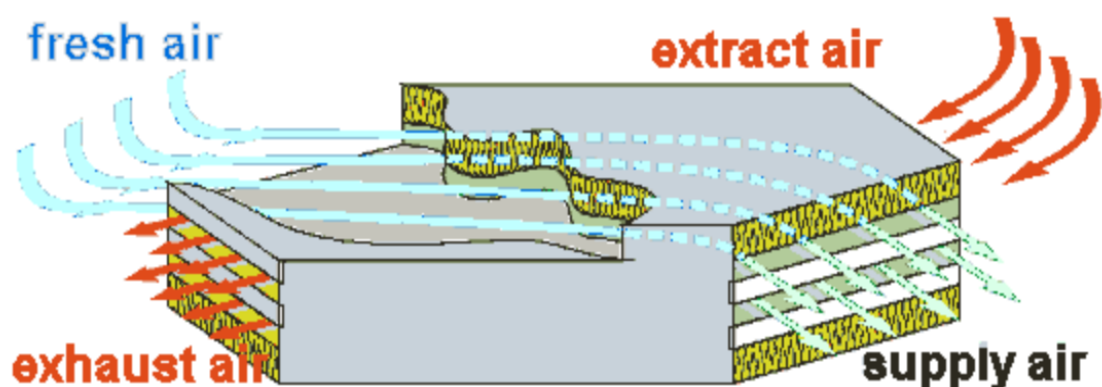
Valdymo sistema

- Leidžia reguliuoti oro srautus, temperatūrą ir drėgmę.

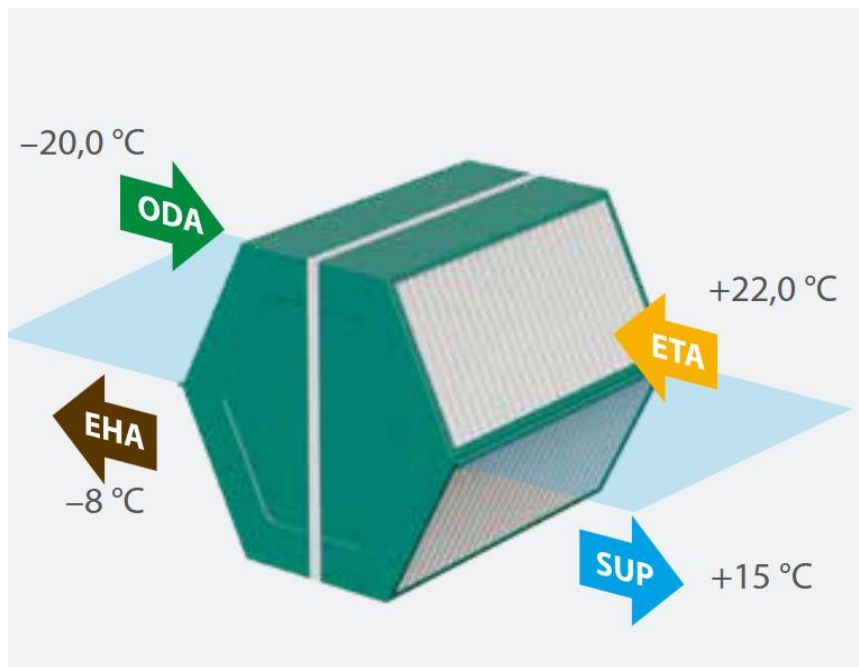
Rekuperatorių tipai

Plokštelinis šilumokaitis: išmetamas ir tiekiamas oras praeina per plokšteles, kuriose vyksta šilumos mainai.

Privalumai: Paprastas, efektyvus, be judančių dalių.



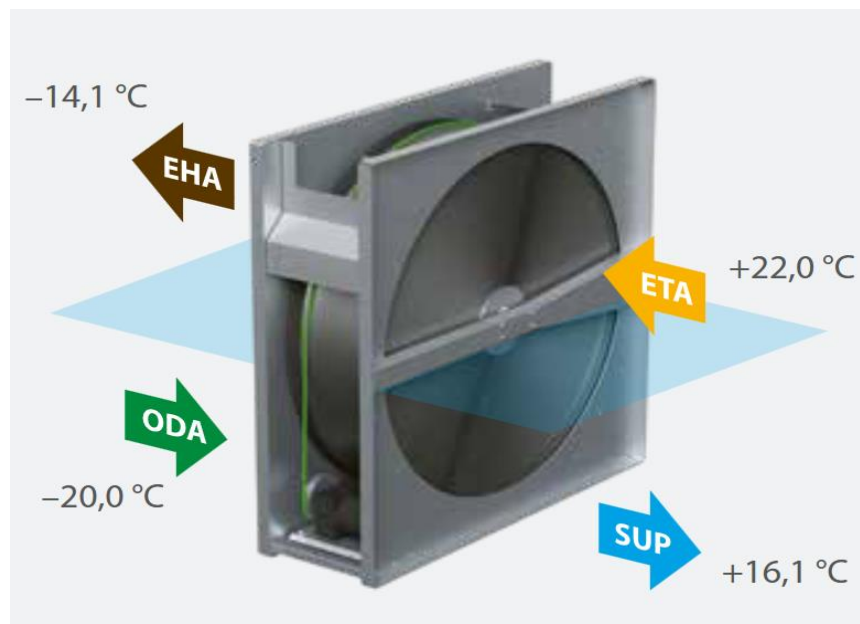
Pav. 12 Plokštelinio šilumokaičio principinė schema.



Pav. 13 Kryžminio šilumokaičio principinė schema.

Rotacinis šilumokaitis: besisukantis diskas surenka šilumą iš ištraukiamo oro ir perduoda ją tiekiamam orui.

Privalumai: efektyvesnis drėgmės išsaugojimas.



Pav. 14 Rotacinio šilumokaičio principinė schema.

Priešpriešinio srauto šilumokaitis: oro srautai juda priešinga kryptimi, užtikrindami maksimalų šilumos perdavimo efektyvumą.

Privalumai: aukštas šilumos grąžinimo efektyvumas.

Rekuperatorius gali atgauti iki 90 % šilumos iš išmetamo oro. Tai sumažina šildymo išlaidas ir energijos poreikį. Kai kurie rekuperatoriai geba pernešti ir dalį drėgmės, užtikrindami komfortišką vidaus klimatą. Vasaros metu rekuperatorius gali naudoti išmetamo oro vėšą, kad sumažintų tiekiamo oro temperatūrą.

Rekuperatoriaus veikimo principas pagrįstas efektyviais šilumos mainais, kurie leidžia sumažinti energijos sąnaudas, užtikrinant sveiką ir komfortišką mikroklimatą pastate. Tai būtina pasyvių namų dalis, padedanti pasiekti aukštą energijos efektyvumą ir komfortą.

Oro kokybės svarba sveikatai ir komfortui

Gera vidaus oro kokybė yra būtina tiek fizinei, tiek emocinei sveikatai, nes oras, kuriuo kvėpuojame patalpose, tiesiogiai veikia mūsų kvėpavimo sistemą, energijos lygį ir bendrai gyvenimo komfortą. Pasyviame name ypatingas dėmesys skiriamas oro kokybės užtikrinimui per efektyvias ventiliacijos sistemas, tokias kaip rekuperatoriai.

Pagrindiniai oro kokybę lemiantys veiksniai

- Deguonies lygis
Deguonis yra būtinas sveikai kvėpavimo sistemai ir energijos gamybai. Nepakankamai vėdinamose patalpose deguonies koncentracija gali sumažėti.
- Anglies dioksidas (CO₂)
Perteklinis CO₂ sukelia mieguistumą, galvos skausmą ir sumažina darbingumą.
- Teršalai
Dulkių dalelės, pelėsiai, bakterijos ir kiti oro teršalai gali sukelti kvėpavimo takų ligas, alergijas ir kitus sveikatos sutrikimus.
- Drėgmės lygis
Per didelė drėgmė skatina pelėsio ir dulkių erkučių dauginimąsi, o per maža – sausina odą, kvėpavimo takus ir sukelia diskomfortą.

Oro kokybės svarba sveikatai

- Kvėpavimo takų ligų prevencija
Grynas oras sumažina infekcinių ligų, pvz., peršalimo ar gripo, riziką, nes jis pašalina kenksmingas daleles ir mikrobus.
- Alergijų ir astmos kontrolė
Švarus ir tinkamai filtruotas oras sumažina alergenų (pvz., dulkių, žiedadulkių) poveikį, kuris yra svarbus alergiškiems ar astma sergantiems asmenims.
- Gerovės jausmas
Tinkama oro kokybė gerina miegą, energijos lygį ir koncentraciją.
- Širdies ir kraujagyslių sveikata
Gera vėdinamos patalpos sumažina kenksmingų oro teršalų kiekį, kuris gali neigiamai paveikti kraujospūdį ir bendrą širdies sveikatą. Tinkama oro kokybė gerina miegą, energijos lygį ir susikaupimą.

Oro kokybės svarba komfortui

- Temperatūros balansas
Efektyvi ventiliacija užtikrina tinkamą oro temperatūrą be karščio ar šalčio diskomforto.
- Drėgmės balansas
Siekiant užtikrinti komfortą ir sveikatą, palaikoma optimali 40–60 % drėgmė.
- Gaivumas
Gaivaus oro tiekimas pašalina užsistovėjusio oro kvapus ir sukuria malonią gyvenamąją aplinką.
- Triukšmo mažinimas
Šilumos atgavimo sistemos leidžia vėdinti patalpas neatidarant langų, todėl sumažėja išorinio triukšmo poveikis.

Geros oro kokybės užtikrinimas pasyviajame name

- Rekuperacinės ventiliacijos sistemos
Nuolatinis gryno oro tiekimas ir užteršto oro pašalinimas užtikrina aukštą oro kokybę.
- Oro filtravimas
Dulkėms, alergenams ir kitiems teršalams pašalinti naudojami aukštos kokybės filtrai (pvz., HEPA).
- Hermetiškumas
Pasyvūs namai yra sandarūs, todėl oro kokybę galima visiškai kontroliuoti vėdinimo sistemomis.
- Drėgmės kontrolė
Rekuperatoriai palaiko optimalią drėgmę, užkirsdami kelią per dideliu sausumui ar pelėsio atsiradimui.

Gera oro kokybė yra neatsiejama sveiko ir komfortiško gyvenimo dalis. Pasyviuose namuose šviežio oro tiekimas ir tinkamas filtravimas užtikrina, kad gyventojai kvėpuotų švariu, sveiku oru, o patalpose būtų išlaikytas malonus mikroklimatas. Tai ne tik prisideda prie sveikatos, bet ir pagerina gyvenimo kokybę.

Energijos atgavimo efektyvumas

Energijos atgavimo efektyvumas (arba šilumos atgavimo efektyvumas) – tai rodiklis, parodantis, kiek šilumos iš ištraukiamo oro atgauna rekuperatorius ir perduoda tiekiamam grynam orui. Šis principas yra pagrindinė pasyviųjų namų mechaninės vėdinimo sistemos dalis, leidžianti sumažinti energijos suvartojimą ir užtikrinti komfortą.

Kas yra energijos grąžinimo efektyvumas?

Apibrėžimas:

Energijos (šilumos) grąžinimo efektyvumas nurodo, kiek procentų šilumos iš išmetamo oro rekuperatorius sugrąžina ir perduoda tiekiamam orui.

Reikšmė:

Efektyvumas tiesiogiai lemia, kiek papildomos šildymo ar vėsinimo energijos reikia norint palaikyti reikiamą patalpos temperatūrą.

Rekuperatoriaus energijos atgavimo efektyvumas

- Efektyvumo diapazonas: šiuolaikiniai rekuperatoriai pasiekia 75–95 % šilumos grąžinimo efektyvumą. Tai reiškia, kad tik 5–25 % šilumos prarandama su išmetamu oru.
- Pavyzdys: jei kambario temperatūra yra 22 °C, o lauko oro temperatūra yra 0 °C, rekuperatorius, kurio efektyvumas yra 90 %, sušildys tiekiamą orą iki maždaug 20 °C, naudodamas tik ištraukiamo oro šilumą.

Efektyvumą lemiantys veiksniai

- Šilumokaičio tipas
 - Plokštelinis: efektyvumas apie 75–85 %. Oro srautai nesimaišo, šiluma perduodama per plokštes.
 - Rotacinis: efektyvumas apie 80–90 %. Taip pat gali būti pernešama šiek tiek drėgmės.
 - Priešpriešinio srauto: efektyvumas iki 95 %. Oro srautai juda priešingomis kryptimis, taip maksimaliai padidindami šilumos perdavimą.
- Izoliacija: gerai izoluoti ortakiai ir įrenginys sumažina šilumos nuostolius.
- Oro filtravimas: tinkami filtrai ne tik valo orą, bet ir sumažina energijos nuostolius dėl oro srauto pasipriešinimo.
- Tinkama priežiūra: reguliarus filtrų keitimas ir vėdinimo sistemos valymas užtikrina optimalų veikimą.

Energijos atgavimo efektyvumo privalumai

- Energijos taupymas: dauguma šilumos grąžinama į pastatą, todėl sumažėja šildymo ir vėsinimo energijos poreikis.
- Komfortas: tiekiamas oras jau yra beveik tinkamos temperatūros, todėl kambariai neužšąla ir nėra staigių temperatūros svyravimų.
- Aplinkos apsauga: efektyvus energijos naudojimas mažina CO₂ išmetimą ir prisideda prie klimato kaitos poveikio mažinimo.
- Mažesnės eksploataavimo išlaidos: šildymui ir vėsinimui sunaudojama mažiau energijos, todėl sumažėja elektros energijos ar šildymo kuro sąskaitos.

Energijos grąžinimo efektyvumo skaičiavimas

Efektyvumas išreiškiamas procentais ir apskaičiuojamas pagal formulę:

$$\eta = \frac{T_{\text{teikiamo oro}} - T_{\text{lauko oro}}}{T_{\text{išmetamo oro}} - T_{\text{lauko oro}}} \times 100$$

Čia:

η – energijos grąžinimo efektyvumas.

$T_{\text{teikiamo oro}}$ – pašildyto šviežio oro temperatūra.

$T_{\text{lauko oro}}$ – į rekuperatorių patenkančio lauko oro temperatūra.

$T_{\text{išmetamo oro}}$ – iš patalpų pašalinamo oro temperatūra.

Energijos atgavimo efektyvumo svarba pasyviuose pastatuose

Rekuperatorius su aukštu efektyvumu yra būtina pasyvaus namo sudedamoji dalis, užtikrinanti minimalų šilumos nuostolį ir energijos poreikį.

Jis leidžia pasyviems namams atitikti **15 kWh/m² per metus** šildymo energijos reikalavimą.

Energijos grąžinimo efektyvumas yra svarbiausias rekuperatoriaus veikimo rodiklis, leidžiantis pasiekti pasyvaus namo energijos efektyvumo, komforto ir tvarumo tikslus. Aukštas šilumos grąžinimo efektyvumas užtikrina mažesnes energijos sąnaudas, geresnį mikroklimatą ir mažesnę poveikį aplinkai.

5.3.3. Langai ir durys

Trigubi stiklo paketai

Trigubi stiklo paketai yra viena iš esminių pasyvaus namo sudedamųjų dalių, nes jie užtikrina aukštą šilumos izoliaciją, energijos taupymą ir komfortą. Tokie langai ir durys atitinka griežtus pasyvaus namo standartus ir padeda sumažinti šilumos nuostolius per pastato angas.

Kas yra trigubi stiklo paketai?

Struktūra: trigubo stiklo paketas susideda iš trijų stiklo sluoksnių, tarp kurių yra du oro arba inertinių dujų (pvz., argono, kriptono) sluoksniai. Tarpai užpildomi šiomis dujomis, siekiant padidinti šilumos izoliaciją.

Dangos: stiklo paviršiai padengti mažo spinduliavimo (Low-E) danga, kuri atspindi šilumą atgal į patalpą ir sumažina šilumos nuostolius.

Šilumos izoliacijos savybės

- Maža U-vertė: trigubi stiklo paketai pasižymi labai mažu šilumos perdavimo koeficientu (U vertė) – dažnai $\leq 0,5 \text{ W/(m}^2\text{K)}$.
- Bendra viso lango U vertė su rėmu $\leq 0,8 \text{ W/(m}^2\text{K)}$, o tai atitinka pasyvaus namo reikalavimus.
- Efektyvumas: jie yra dvigubai efektyvesni už dvigubo stiklo paketus, užtikrinant minimalų šilumos nuotėkį.

Energijos taupymas

- Šilumos išsaugojimas: trigubas stiklas padeda išlaikyti šilumą patalpose, todėl žiemą sumažėja šildymo poreikis.
- Apsauga nuo šilumos prasiskverbimo: vasarą langai neleidžia į kambarį patekti per didelei saulės šilumai, todėl sumažėja vėsinimo poreikis.
- Saulės energijos pralaidumas: tinkamai parinkti stiklai optimaliai išnaudoja natūralią saulės šviesą ir šilumą.

Komforto užtikrinimas

- Vienoda temperatūra: trigubas stiklas panaikina šaltų zonų pojūtį prie langų, nes stiklas išlieka šiltas net žiemą.
- Garso izoliacija: dėl papildomo stiklo sluoksnio ir dujų užpildo langai pasižymi aukštu garso izoliacijos lygiu, sumažindami iš išorės sklindantį triukšmą.
- Apsauga nuo kondensato: šiltas vidinis stiklo paviršius sumažina kondensato susidarymo ant langų riziką.

Tvarumas

- Energijos taupymas: sumažintas šildymo ir vėsinimo poreikis padeda sumažinti CO₂ išmetimą ir prisideda prie aplinkos apsaugos.
- Ilgaamžiškumas: trigubas stiklas yra patvarus ir atsparus temperatūros svyravimams, todėl laikui bėgant išlaiko savo savybes.

Papildomos funkcijos

- Saugumas: langai gali būti sutvirtinti grūdintu stiklu arba laminatu, kad būtų atsparesni smūgiams.
- Estetika: prie pastato dizaino galima derinti įvairių tipų rėmus (medinius, aliuminio, plastikinius) ir stiklo atspalvius.

Trigubas stiklas yra idealus pasirinkimas pasyviems namams dėl savo šilumos izoliacijos savybių, energijos taupymo potencialo ir komforto. Jis yra būtinas šiuolaikiniams tvariems ir energiją taupantiems pastatams.

Saulės energijos naudojimas per tinkamą pastato orientaciją

Tinkama pastato orientacija yra vienas iš pagrindinių pasyviojo namo projektavimo principų. Ji leidžia efektyviai panaudoti natūralią saulės energiją šildymui, apšvietimui ir bendram energijos taupymui. Optimizuojant pastato padėtį pagal saulės judėjimą, galima sumažinti šildymo, vėsinimo ir apšvietimo poreikius.

Pagrindiniai principai

Langų orientacija

- Dauguma langų turėtų būti orientuoti į pietus, kad žiemą būtų maksimaliai sugerama saulės šiluma ir šviesa. Minimalus langų skaičius šiaurinėje pusėje, kad būtų sumažinti šilumos nuostoliai.

Pastato forma

- Kompaktiška ir paprasta pastato forma sumažina šilumos nuostolius.

Šešėlių valdymas

- Stogeliai, uždangos ar išsikišusios konstrukcijos vasarą apsaugo nuo per didelio saulės šilumos kiekio, tačiau žiemą leidžia saulės spinduliams pasiekti pastato vidų.

Saulės energijos privalumai tinkamai orientuojant

- Šilumos poreikio mažinimas: į pietus nukreipti langai leidžia saulės šilumai šildyti patalpas šaltuoju metų laiku, todėl sumažėja papildomos šildymo energijos poreikis.
- Natūrali šviesa: orientacija užtikrina maksimalų natūralios šviesos prasiskverbimą, todėl sumažėja dirbtinio apšvietimo poreikis.
- Energijos taupymas vasarą: tinkamas šešėlių valdymas apsaugo nuo perkaitimo, todėl sumažėja oro kondicionavimo poreikis.

Praktiniai orientacijos sprendiniai

- Pietų orientacija.
Maksimalus saulės energijos ir šviesos įsisavinimas žiemą. Langai turėtų būti pakankamai dideli, kad išnaudotų saulės šilumą, tačiau tuo pačiu metu apsaugotų nuo perkaitimo vasarą.
- Šiaurės orientacija.
Sumažintas langų skaičius, siekiant išvengti šilumos nuostolių. Tinka pagalbinėms arba mažiau naudojamoms patalpoms.
- Rytų ir vakarų orientacija.
Rytų pusės langai įleidžia rytinę saulę, todėl anksti ryte suteikia šilumos ir šviesos. Vakarinėje pusėje reikalinga apsauga nuo popietinio perkaitimo, pvz., žaliuzės arba augalai.

Saulės energijos surinkimo optimizavimas

- Stogai ir saulės kolektoriai: stogai su pietiniu nuolydžiu yra ideali vieta saulės kolektoriams arba fotovoltinėms plokštėms, nes tai leidžia gaminti papildomą energiją.
- Saulės šilumos kaupimas: masyvios vidinės konstrukcijos (pvz., betoninės arba mūrinės sienos) gali kaupti saulės šilumą dieną ir lėtai ją išskirti naktį.

Tvarumo aspektai

- CO₂ mažinimas: efektyvus saulės energijos naudojimas mažina priklausomybę nuo iškastinio kuro.
- Ekonominis efektyvumas: mažesnės šildymo ir vėsinimo išlaidos dėl optimalaus natūralios saulės energijos orientavimo ir naudojimo.

Pavyzdys

- Pasyviame name su pietų pusėje esančiais langais, žiemą saulės spinduliai sušildo grindis ir sienas, o vasarą stogeliai ar medžiai užstoja tiesioginius spindulius, apsaugodami nuo perkaitimo. Tai užtikrina pastovų komfortą visais metų laikais.

Tinkama pastato orientacija yra vienas iš pagrindinių pasyvaus namo energijos taupymo veiksnių. Optimaliai išnaudojant saulės energiją, mažėja šildymo ir vėsinimo poreikis, užtikrinamas komfortas bei prisidedama prie tvarios statybos tikslų.

5.3.4. Šilumos tiltelių eliminavimas

Šilumos tiltelių poveikis energijos nuostoliams

Šilumos tiltelių (dar vadinami šalčio arba terminų) susidarymas – tai viena pagrindinių priežasčių, dėl kurių pasyvus namas gali prarasti šilumą ir sumažinti energijos efektyvumą. Šilumos tilteliai yra pastato vietos, kuriose dėl konstrukcijos ar medžiagų ypatybių šilumos izoliacija yra silpnesnė, todėl šiose vietose šiluma greičiau „pabėga“ iš pastato.

Kas yra šilumos tilteliai?

Tai konstrukcijos dalys, kurios perduoda šilumą greičiau nei likusi pastato dalis dėl:

- Jungčių tarp skirtingų medžiagų, turinčių skirtingą šilumos laidumą.
- Nuotėkių įrengime ar konstrukcijoje.
- Netinkamai suprojektuotų izoliacijos sluoksnių.

Pagrindinės šilumos tiltelių vietos

Langai ir durys:

- Jungtys tarp langų ir durų rėmų bei sienos.
- Netinkamai sumontuotos sandarinimo medžiagos.

Pamatai ir sienos:

- Pereinamosios zonos tarp sienų ir pamatų.

Stogo ir sienos jungtys:

- Prasta izoliacija jungtyse.

Balkonai:

- Konstrukcijos, kurios tęsiasi iš vidaus į išorę, perneša šilumą.

Vamzdynai ir laidai:

- Praėjimai per sienas ir lubas be tinkamo sandarinimo.

Šiluminių tiltelių įtaka energijos nuostoliams

Padidėję šilumos nuostoliai:

- Šilumos tilteliai veikia kaip šilumos „nutekėjimo keliai“, todėl padidėja bendras pastato energijos suvartojimas.

Padidėjęs šildymo poreikis:

- Net ir maži šilumos tilteliai gali lemti didelį energijos sąnaudų padidėjimą, ypač žiemą.

Sumažėjęs komfortas:

- Šilumos tilteliai sukuria šaltų paviršių zonas, kurios gali sukelti diskomfortą ir skersvėjų patalpose.

Pelėsio ir drėgmės problemos:

- Ant šaltų paviršių linkusi kondensuotis drėgmė, todėl gali susidaryti pelėsis ir galiausiai pažeisti konstrukciją.

Kiek šilumos tiltelių poveikis gali būti reikšmingas?

Nors šiluminiai tilteliai sudaro tik nedidelę pastato paviršiaus ploto dalį, jie gali būti atsakingi už 20–30 % visų šilumos nuostolių.

Pasyviųjų namų standartuose ypatingas dėmesys skiriamas šiluminiams tilteliams, siekiant sumažinti energijos nuostolius.

Kaip sumažinti šiluminių tiltelių poveikį?

Projektavimo sprendiniai

- Vengti išorinių konstrukcijų, kurios tęsiasi iš vidaus į išorę (pvz., balkonų).
- Naudoti vientisus izoliacijos sluoksnius be tarpų.

Medžiagų parinkimas

- Naudoti medžiagas su mažesniu šilumos laidumu (pvz., polistireną, mineralinę vatą).
- Izoliacijos sluoksnį tęsti per visas konstrukcijos jungtis.

Konstrukciniai sprendiniai

- Pamatus ir sienas izoliuoti be pertrūkių.
- Langų ir durų rėmus montuoti taip, kad izoliacija uždengtų rėmo šonus.

Montavimo kokybė

- Užtikrinti kruopštų montavimo darbą, kad nebūtų nesandarių vietų.
- Naudoti sandarinimo juostas ir mastikas jungčių vietose.

Pasyvių namų reikalavimai šilumos tilteliams

Pasyvaus namo standarte šilumos tiltelių įtaka turi būti sumažinta iki minimumo:

- Šilumos tiltelių koeficientas (ψ) turi būti kuo artimesnis nuliui.
- Projektuojant pasyvius namus naudojami specialūs modeliavimai ir skaičiavimai, kad būtų identifikuoti ir pašalinti galimi šilumos tiltelių šaltiniai.

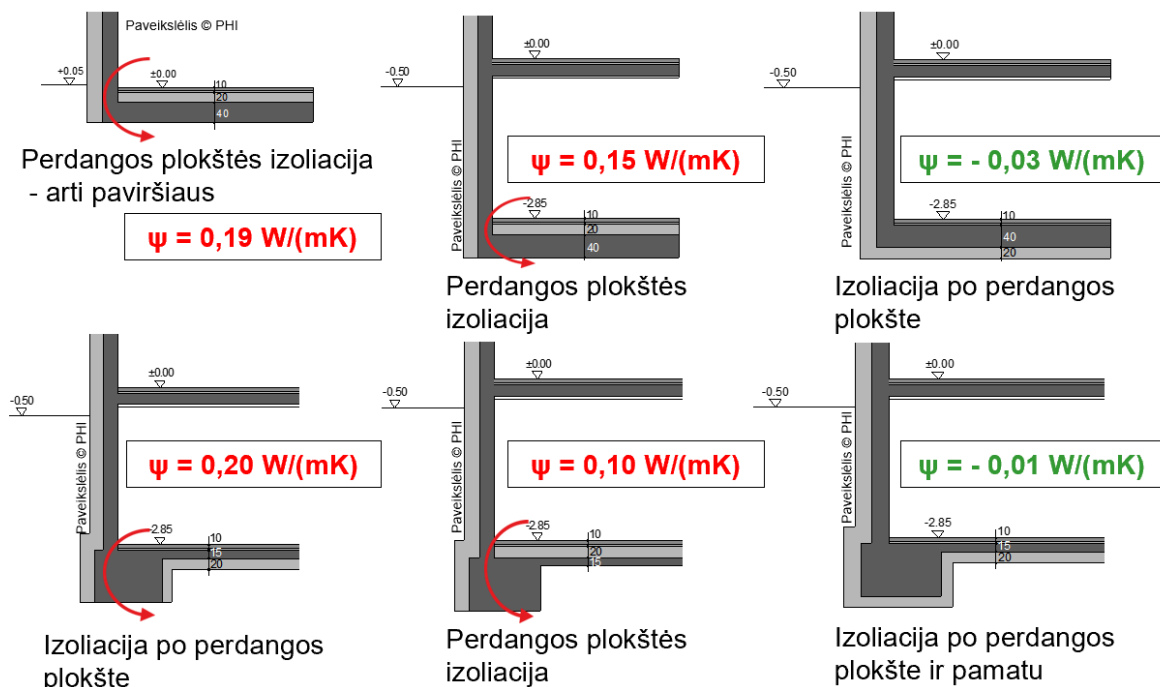
Šilumos tiltelių mažinimas yra kritinis pasyvaus namo projektavimo aspektas. Jų išvengimas ne tik sumažina energijos sąnaudas, bet ir padidina komfortą, apsaugo konstrukcijas nuo drėgmės ir ilgina pastato eksploataavimo trukmę. Tinkami projektavimo, medžiagų ir montavimo sprendiniai yra raktas į sėkmę.

Konstrukcijų sprendiniai

Šilumos tiltelių prevencija yra esminė efektyvaus pastato projektavimo ir statybos dalis, ypač pasyviuose namuose. Tinkamai parinkti konstrukciniai sprendiniai leidžia sumažinti šilumos nuostolius, pagerinti energijos efektyvumą, išvengti drėgmės kaupimosi ir padidinti bendrą gyvenimo komfortą.

Pamatai ir grindys

- Grindų izoliacija: po grindimis ir pamatų plokštėmis naudojamos didelio tankio izoliacinės plokštės (pvz., XPS arba PIR), kad šiluma nepersiduotų į žemę.
- Šilumos izoliacijos blokeliai pamatams: siekiant sumažinti šilumos perdavimą, pereinamosiose zonose tarp pamatų ir sienų įrengiami šilumos izoliacijos blokeliai.
- Izoliacijos tęstinumas yra labai svarbus: izoliacija turėtų dengti pamatą ir grindų kraštus, kad būtų išvengta plyšių tarp izoliacijos sluoksnių.



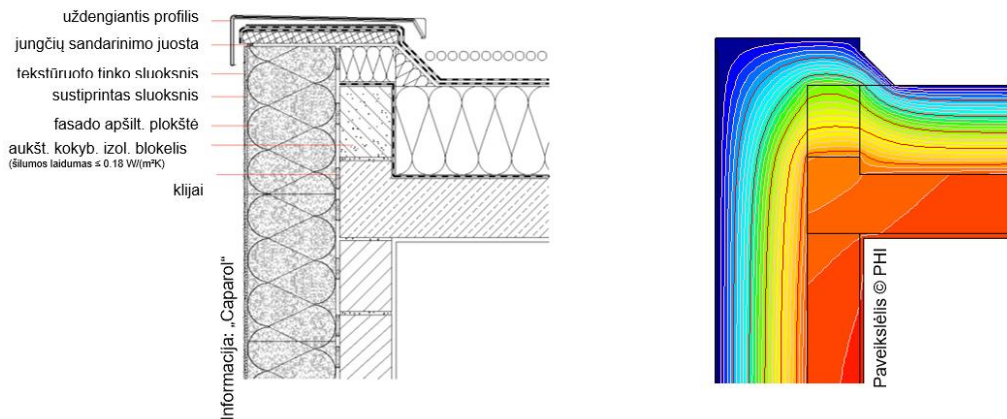
Konstrukcija be šilumos tiltelių: $\psi \approx 0,01 \text{ W/(mK)}$

Pav. 15 Konstrukciniai sprendiniai su ir be šiluminių tiltelių.

Sienos ir jų jungtys

- Vieningas izoliacijos sluoksnis: užtikrinti, kad izoliacija be pertrūkių apimtų visą pastato išorinį paviršių, įskaitant kampus ir jungtis.
- Sienų ir lubų sandūrų izoliacija: vengti atvirų konstrukcijų kampuose, naudoti išorinius izoliacijos sluoksnius, kurie tęsiasi per visas jungtis.
- Daugiasluoksnės konstrukcijos: naudoti išorinius izoliacinius sluoksnius su atitinkamomis difuzinėmis membranomis, kad būtų užtikrintas šilumos laidumo mažinimas ir drėgmės pašalinimas.

Tvirta konstrukcija - stogo parapetas su izoliaciniu blokeliu

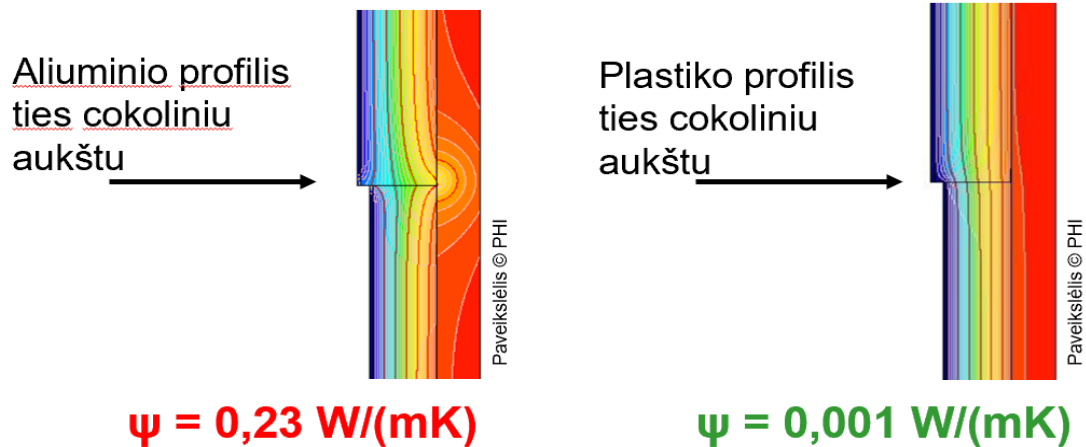


$$\Psi = -0,007 \text{ W/(mK)}$$

Pav. 16 Stogo parapeto mazgas be šilumos tiltelio.

Langai ir durys

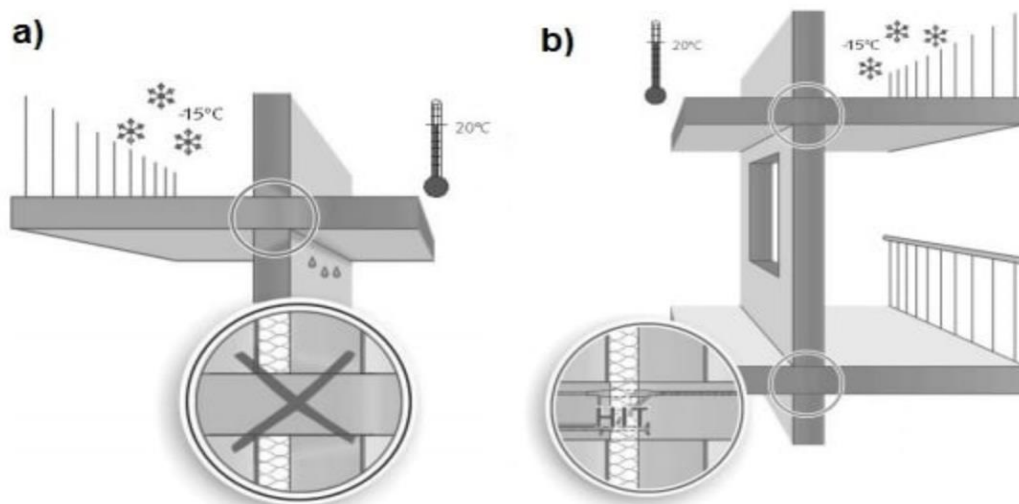
- Langų montavimas izoliacijos sluoksnyje: langus reikia montuoti išoriniame izoliacijos sluoksnyje, kad būtų išvengta šilumos nuostolių per langų rėmus.
- Sandarinimo juostelių naudojimas: tarp langų, durų rėmų ir sienų montuojamos specialios sandarinimo juostos, kad išvengti oro ir šilumos nutekėjimo.
- Mažos U vertės langai: naudojami trijų stiklų rėmai su mažu šilumos laidumu.



Pav. 17 Šiluminiai tilteliai su skirtingomis medžiagomis.

Balkonai ir kitos išorinės konstrukcijos

- Termoizoliacinės jungtys: balkonų plokštės turėtų būti atskirtos nuo pastato termoizoliacinėmis jungtimis, kurios sumažina šilumos nuostolius.
- Atskiri konstrukciniai elementai: jei įmanoma, balkonai turėtų būti statomi atskirai nuo pastato, kad būtų išvengta šilumos perdavimo.



Pav. 18 Balkono plokščių montavimo sprendinys be šilumos tiltelių.

Stogai ir perdangos

- Šilumos izoliacija stogo jungtyse: stogo izoliacija turi būti ištisinė ir dengti visą jungtį tarp sienų ir stogo.
- Vengti šilumos nuostolių per kraigą: stogo kraigai turi būti tinkamai izoliuoti naudojant sandarias izoliacines plokštes arba puršiamą izoliaciją.

Vamzdynų ir inžinerinių sistemų perėjimai

- Sandarūs perėjimai: naudoti specialius sandarinimo įrenginius vamzdžių ir laidų perėjimams per sienas, grindis ar stogus.
- Izoliuoti vamzdynai: šildymo ir vėsinimo vamzdžiai turi būti izoliuoti net ir vidinėse konstrukcijose, siekiant sumažinti šilumos nuostolius.

Naudojamos medžiagos

- Izoliacinės medžiagos: naudoti mažos šilumos laidumo medžiagas, tokias kaip poliuretanai (PUR), ekstruzinis polistirenas (XPS) ar mineralinė vata.
- Termoizoliaciniai blokai: konstrukcinėse jungtyse įmontuoti termoizoliacinius blokus, kurie sumažina šilumos pernašą.
- Difuzinės membranos: membranos apsaugo nuo drėgmės, bet praleidžia garus.

Sandarumo užtikrinimas

- Garų barjero plėvelės: tinkamai įrengti garų barjerus, kad būtų užtikrintas sandarumas ir drėgmės kontrolė.
- Sandarinimo juostos ir mastikos: naudoti sandarinimo medžiagas visose jungtyse, kad būtų pašalinti plyšiai ir oro nuotėkiai.

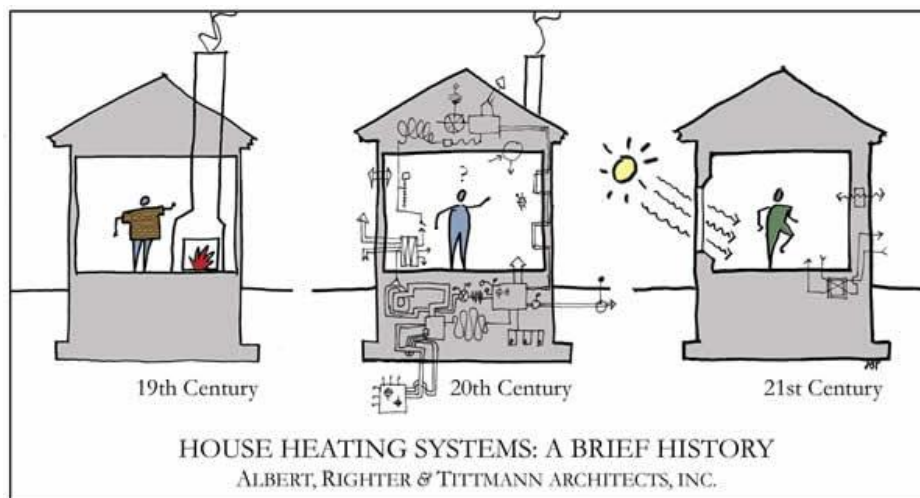
Konstrukciniai sprendiniai, skirti išvengti šiluminių tiltelių, yra esminė pasyviojo namo statybos dalis. Tinkamai parinktos medžiagos, projektavimo metodai ir kruopštus montavimas gali sumažinti energijos nuostolius, pagerinti komfortą ir užtikrinti pastato ilgaamžiškumą.

Pasyvaus namo privalumų apibendrinimas

Energiškai efektyvus namas turi daug aplinkosauginių, ekonominių ir socialinių naudos aspektų. Neabejotina ir tai, kad ir patys pasyvaus namo gyventojai įgyja nemažai privalumų.

- Lyginant su kitais panašaus tipo energiškai efektyviais pastatais, pasyvus namas yra kur kas ilgaamžiškesnis ir reikalauja mažiau priežiūros.
- Aukštesnė gyvenimo kokybė ir komfortas.

- Sumažinta CO₂ tarša – vidutinio dydžio gyvenamasis namas per metus į atmosferą išmeta iki 6,000 kg CO₂. Gyvenant tokio pat dydžio pasyviame name, atmosferos tarša sumažėja iki 2,100 kg CO₂ per metus.
- Triukšmo lygio mažinimas. Storesnės ir gerai apšiltintos atitvarinės konstrukcijos geriau apsaugo nuo išorės triukšmo, o tai paprasčiausiai reiškia tylesnius kambarius ir geresnį poilsį netoli triukšmo zonų esančiose vietose.
- Šiluminis komfortas (taip pat ir vasarą).
- Geresnės kokybės vidaus oras. Šviežias gaivus oras.
- Pastovi drėgmė ir temperatūra.
- Lengvesnė priežiūra.
- Mažos šildymo išlaidos. Pasyvus namas sutaupo mažiausiai 75 proc. šildymui reikalingos energijos per metus.
- Mažos eksploatacinės išlaidos.
- Didesnė ir stabili pastato vertė. Parduodant energišškai efektyvų namą, jo pardavimo kaina bus iki 30 proc. didesnė už įprastinio namo kainą.
- Projektavimo laisvė.
- Mažiau techninės įrangos.
- Mažiau priklausomybės nuo importuojamų energinių resursų.



6. Rezultatai

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

7. Ko išmokome

Pagrindinės žinios apie pasyvius namus.

Įvairūs pasyvūs ir aktyvūs sprendiniai, taikomi pastate, siekiant pasiekti pasyviojo namo standartus.

Šaltiniai

Rekomenduojama literatūra:

„The Passive House: Fundamentals, Design, Construction“ (Jürgen Schnieders).

„Passive House Design“ (Emma Walshaw).

Naudingos nuorodos:

Passivhaus Institute: www.passiv.de

International Passive House Association: www.passivehouse-international.org

<https://smartair.lt/rekuperatoriaus-balansavimas>

<https://i1.wp.com/www.aterma.lt/wp-content/uploads/2019/05/dumai.jpg>

<http://www.manevras.lt/index.php?id=39&print=1>

<https://www.komfovent.lt/lt/atsisiuntimai>

Naudingi įrankiai:

PHPP (Passive House Planning Package) – pasyvaus namo energijos skaičiavimo programinė įranga.

Viršelio paveikslėlis https://passiv.de/en/02_informations/02_passive-house-requirements/02_passive-house-requirements.htm

Pav. 8 <https://i1.wp.com/www.aterma.lt/wp-content/uploads/2019/05/dumai.jpg>

Pav. 10 <https://smartair.lt/rekuperatoriaus-balansavimas>

Pav. 11 <http://www.manevras.lt/index.php?id=39&print=1>

Pav. 12, 13, 14 <https://www.komfovent.lt/lt/atsisiuntimai>

Pav. 18 <https://denia.lt/balkonai-be-salcio-tiltelio-halfen-konstrukciniai-sprendiniai/>