

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**Pastatų energijos vartojimo efektyvumo pagrindai**

1. Tikslai

Šios pamokos tikslai:

- Suprasti energijos vartojimo efektyvumo principus: suprasti pagrindines energijos vartojimo efektyvumo sąvokas ir jų ryšį su pastatų projektavimu ir eksploatavimu.
- Nustatyti pagrindinius energijos taupymo būdus: gebėti nustatyti ir apibūdinti praktinius energijos vartojimo efektyvumo didinimo pastatuose metodus ir technologijas.
- Suvokti poveikį aplinkai: ugdyti supratimą apie efektyvios energijos vartojimo pastatuose praktikos naudą aplinkai.
- Energinio naudingumo vertinimas: susipažinti su pastatų energetinio naudingumo vertinimu.
- Skatinti tvarius pastatų sprendinius: suprasti pagrindinius elementus, skatinančius efektyviai naudoti energiją projektuojant ir statant pastatus.

2. Mokymosi metodologija

Mokytojas apie 30 min. pristatys pastatų energijos vartojimo efektyvumo pagrindus.

Mokiniai perskaitys šios pamokos medžiagą žemiau nurodyta seka:

- Įvadas į energijos vartojimo efektyvumą.
 - Pagrindinės sąvokos.
 - Energijos vartojimo efektyvumo svarba.
 - Energijos vartojimo efektyvumo istorinis kontekstas.
- Energijos auditas ir lyginamoji analizė.
 - Pastatų energijos vartojimo vertinimo metodai.
 - Energijos vartojimo efektyvumo lyginamoji analizė.
- Energijos vartojimo efektyvumo sprendiniai pastatams.
 - Izoliacija ir pastato apvalkalo projektavimas.
 - Šilumos izoliacijos sistemos.
 - Pastatų sandarumas.
 - Šalčio tiltai.
 - Normatyviniai atitvarų U verčių reikalavimai.
 - Šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemos.
 - Energiją taupančios buitinės technikos ir įrangos, energiją taupančios apšvietimo sistemos.
 - Atsinaujinančios energijos integravimas.
 - Išmaniųjų pastatų technologijos.
 - Pasyvaus projektavimo sprendiniai.
 - Tvarios statybinės medžiagos.
- Ateities tendencijos energijos efektyvumo srityje.
 - Išmanūs pastatai ir daiktų internetas (IoT).
 - Statybinių medžiagų ir technologijų pažanga.

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 į energijos vartojimo efektyvumą

5.1.1. Pagrindinės sąvokos

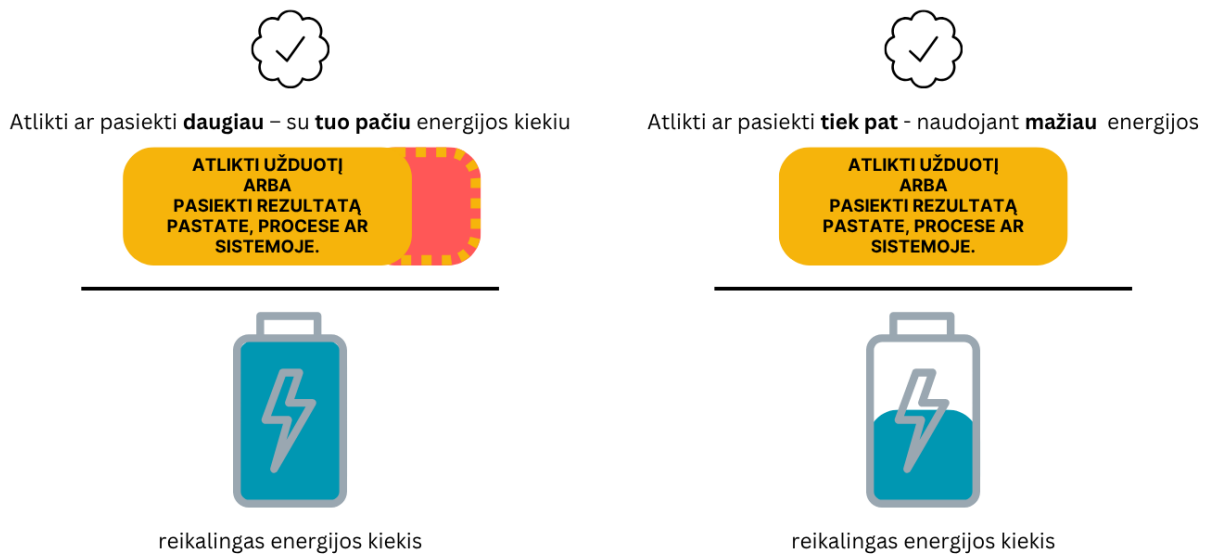
Pastato (pastato dalies) energijos vartojimo efektyvumas – tai apskaičiuotas energijos kiekis, reikalingas įprastam pastato eksploatavimui, įskaitant energiją, reikalingą pastato šildymui, vėsinimui, vėdinimui, karšto vandens ruošimui ir apšvietimui [1]. Energijos vartojimo efektyvumas reiškia, kad tam pačiam tikslui pasiekti pastate, sistemoje ar procese sunaudojama mažiau energijos. Tai pasiekama optimizuojant energijos vartojimą ir mažinant atliekas [2].

ATLIKTI UŽDUOTĮ
ARBA
PASIEKTI REZULTATĄ
PASTATE, PROCESSE AR
SISTEMOJE.



reikalingas energijos kiekis

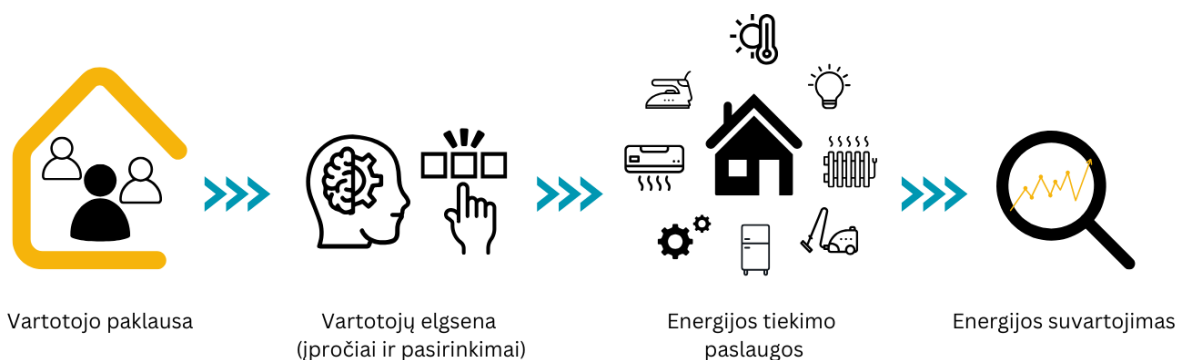
1 pav. Efektyvumas.



2 pav. Efektyvumo didinimas.

Pastatuose energijos vartojimo efektyvumas paprastai susijęs su šildymu, vėsinimu, apšvietimu ir prietaisų veikimu. Energijos vartojimo efektyvumas pastate reiškia, kad šildymui, vėsinimui, apšvietimui ir prietaisams sunaudojama mažiau energijos, tačiau gyventojams užtikrinamas komfortas ir funkcionalumas. Racionalus energijos išteklių naudojimas yra vienas iš veiksmingiausių būdų sumažinti energijos suvartojimą ir kartu sumažinti poveikį aplinkai.

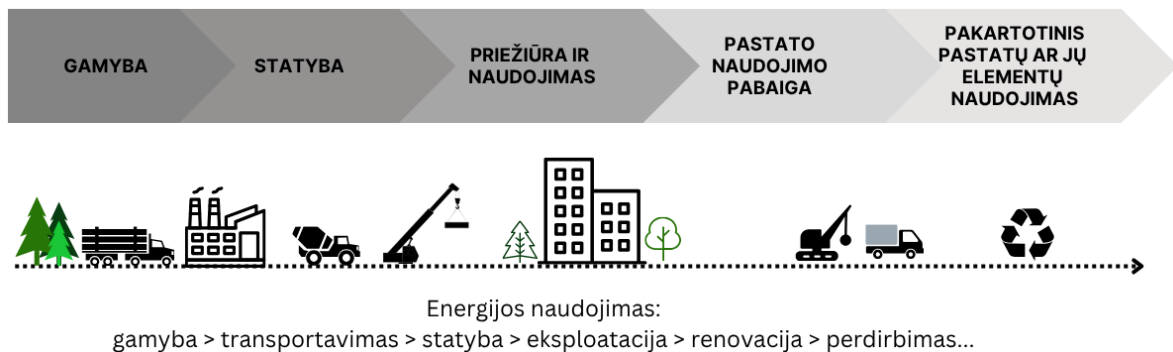
Vartotojų elgsena daro įtaką energijos suvartojimui. Kiekvienas energijos vartotojas naudoja energijos paslaugas jam įprastu būdu. Mūsų aplinkos formuojami elgsenos modeliai lemia mūsų energijos suvartojimo modelius ir veiksmus, kurių imamės kaip vartotojai. Šie veiksmai turi tiesioginį poveikį suvartojamos energijos kiekiui. Reikėtų pažymėti, kad apie 80 % ES namų ūkiuose suvartojamos energijos tenka šildymui, vėsinimui ir karšto vandens ruošimui [3]. Šiame kontekste, norint turėti naudos iš investicijų į efektyvesnę įrangą, įrankius bei sistemas, vartotojai turi juos tinkamai naudoti. Energijos vartojimo efektyvumo tikslai pasiekiami derinant efektyvius ir energiją taupančius sprendimus bei keičiant vartotojų įpročius. Tačiau jei vartotojai nekeičia energiją eikvojančių įpročių ir ignoruoja energijos taupymo iniciatyvas, galimybės pagerinti energijos vartojimo efektyvumą žymiai sumažėja.



3 pav. Pagrindiniai veiksniai įtakoiantys energijos suvartojimą.

Energiją taupančiais pastatais gali būti gyvenamieji, komerciniai ir pramoniniai statiniai, kurie yra suprojektuoti arba modernizuoti taip, kad atitiktų šiuolaikinius efektyvumo standartus. Energijos efektyvumo pasiekimas dažnai apima šilumos izoliacijos gerinimą, energiją taupančių prietaisų naudojimą ir apšvietimo sistemų optimizavimą. Kitas svarbus aspektas yra pastato „apvalkalas“, kuris apima sienas, stogą, grindis, langus ir duris, atskiriančias vidų nuo išorinės aplinkos. Konstrukcija ir medžiagos, naudojamos pastato apvalkale, atlieka lemiamą vaidmenį mažinant energijos nuostolius. Tikslas – sumažinti bendrą energijos suvartojimą, išlaikant arba pagerinant pastato eksploatacines savybes. Taip pat svarbu atskirti energijos vartojimo efektyvumą ir energijos taupymą; pastarasis reiškia energijos suvartojimo mažinimą elgesio pokyčių pagalba, o energijos vartojimo efektyvumas orientuotas į technologijų ir sistemų tobulinimą.

Vertinant energijos vartojimo efektyvumą, reikia atsižvelgti į sunaudojamą energijos kiekį per visą produkto ar pastato gyvavimo ciklą, nuo gamybos iki perdirbimo ar atnaujinimo.



4 pav. Produkto ar paslaugos gyvavimo ciklas ir energijos suvartojimas.

5.1.2. Energijos vartojimo efektyvumo svarba

Statybos sektorius tapo pagrindine sritimi, kuriai skiriamas didžiausias dėmesys siekiant sumažinti anglies dioksido išmetimą ir spręsti klimato kaitos problemas. Statybos sektorius naudoja energiją namų ir verslo objektų statybai, šildymui, vėsinimui ir apšvietimui, taip pat juose įrengtoms buitinėms technikos priemonėms ir įrangai. Pastatų energijos suvartojimas yra vienas iš pagrindinių visame pasaulyje išmetamų šiltnamio efektą sukeliančių dujų šaltinių, o vienu iš didžiausių energijos poreikių laikomas šildymas. Pastatų energijos vartojimo efektyvumo svarba yra nepaprastai didelė, nes ji tiesiogiai veikia tiek ekonominį, tiek aplinkos tvarumą. Energiją taupantys pastatai sumažina eksploatacines išlaidas, nes sumažina energijos suvartojimą šildymui, vėsinimui ir apšvietimui. Pasaulyje, kuriame kyla energijos kainos, energijos vartojimo efektyvumo didinimas gali suteikti didelių finansinių sutaupymų pastatų savininkams ir gyventojams. Ypač turint omenyje, kad šiuo metu vidutiniškai 75 % pastatų ES yra neefektyvūs energijos vartojimo požiūriu. Pasauliniu mastu energijos vartojimo efektyvumo didinimas yra vienas iš ekonomiškiausių būdų sumažinti šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimą. Pastatai yra atsakingi už didelę dalį energijos suvartojimo visame pasaulyje – maždaug 40 % pasaulinio energijos suvartojimo ir susijusių CO₂ išmetimų, todėl efektyvumo didinimas šiame sektoriuje gali turėti didelį poveikį [4]. Be to, energiją taupantys pastatai užtikrina geresnį patalpų komfortą jų gyventojams, nes

palaiko pastovesnę patalpų temperatūrą ir oro kokybę. Energijos vartojimo efektyvumas taip pat didina pastato atsparumą energijos kainų svyravimams ir energijos trūkumui, sukuriant stabilesnę ir labiau nuspėjamą energijos sąnaudų aplinką. Be to, energiją taupantys pastatai dažnai yra patrauklesni pirkėjams ar nuomininkams dėl mažesnių komunalinių mokesčių ir didėjančio susidomėjimo tvariomis gyvenimo aplinkomis. Kitas svarbus veiksnys yra tai, kad daugelis vyriausybių siūlo paskatas, subsidijas pastatų energijos vartojimo efektyvumui didinti, todėl tai tampa patrauklia galimybe nekilnojamojo turto vystytojams ir savininkams. Energijos vartojimo efektyvumas taip pat yra svarbus siekiant pasaulinių ir vietinių klimato tikslų, pavyzdžiui, numatytų Paryžiaus susitarime, Europos žaliajame kurse ir ES 2050 m. ilgalaikėje strategijoje [5]. Energiją taupančių technologijų diegimas mažina energijos sąnaudas, o tai taip pat gali sumažinti naujų elektrinių statybos ar infrastruktūros modernizavimo poreikį. Energiją taupantys pastatai taip pat padeda sumažinti nacionalinių energetikos tinklų apkrovą, ypač piko metu, ir prisideda prie didesnio tinklų stabilumo. Be aplinkosaugos ir ekonominių privalumų, tokie pastatai prisideda prie visuomenės sveikatos gerinimo, nes sumažina su energijos gamyba susijusį oro užterštumą. Energijos vartojimo efektyvumas tampa vis svarbesnis, ypač miestų planavimo ir plėtros srityje, ir atlieka svarbų vaidmenį siekiant platesnių tvaraus miestų ir bendruomenių tikslų.

5.1.3. Energijos vartojimo efektyvumo istorinis kontekstas

Senovės civilizacijos, tokios kaip romėnai ir graikai, taikė pasyvias projektavimo strategijas, pavyzdžiui, į pietus orientuotus langus ir storas sienas, kad žiemą išsaugotų šilumą, o vasarą vėsintų pastatus.

Vėliau, intensyvėjant urbanizacijai ir sparčiai augant energijos poreikiui, pastatų energijos vartojimo efektyvumas tapo daug svarbesnis. Anksčiau pagrindinis dėmesys buvo skiriamas komfortui ir funkcionalumui, beveik neatsižvelgiant į suvartojamos energijos kiekį. Tačiau 1973 m. naftos krizė buvo svarbus lūžis, po kurio energijos taupymas ir efektyvumas tapo pagrindiniu viešosios politikos ir technologinių inovacijų akcentu [6]. Susidūrusios su didėjančiomis energijos sąnaudomis ir tiekimo trūkumu, daugelis vyriausybių ir pramonės šakų pradėjo ieškoti būdų, kaip sumažinti energijos suvartojimą. Energijos vartojimo efektyvumo pastatų koncepcija ėmė populiarėti, ypač Europoje, kur buvo įvestos politikos priemonės ir standartai, skatinantys taupyti energiją. 1980-aisiais ir 1990-aisiais izoliacijos, langų technologijų ir šildymo, vėsinimo ir vėdinimo sistemų pažanga padėjo pastatams lengviau pasiekti aukštesnį energijos vartojimo efektyvumo lygį.

Energijos vartojimo efektyvumo sąvoka per pastaruosius kelis dešimtmečius smarkiai pasikeitė, ypač atsižvelgiant į didėjančią susirūpinimą dėl energijos išteklių ir aplinkos tvarumo. XX a. pradžioje pastatai paprastai nebuvo projektuojami atsižvelgiant į energijos vartojimo efektyvumą, nes energija buvo palyginti nebrangi ir gausiai prieinama. Šiuo laikotarpiu atsirado ekologiškų pastatų judėjimai, pavyzdžiui, LEED (angl. *leadership in energy and environmental design*) Jungtinėse Amerikos Valstijose ir BREEAM (angl. *building research establishment environmental assessment method*) Jungtinėje Karalystėje [7]. Šios sistemos padėjo nustatyti aiškias gaires ir standartus, taikomus energijos vartojimo efektyvių pastatų projektavimui, statybai ir eksploatacijai.

XX a. pradžioje didėjantis susirūpinimas klimato kaita ir aplinkos tarša dar labiau paspartino energijos vartojimo efektyvumo siekį. Vyriausybės visame pasaulyje įvedė griežtesnius reglamentus ir paskatas energijos vartojimo efektyviems pastatams, skatindamos medžiagų ir technologijų inovacijas.

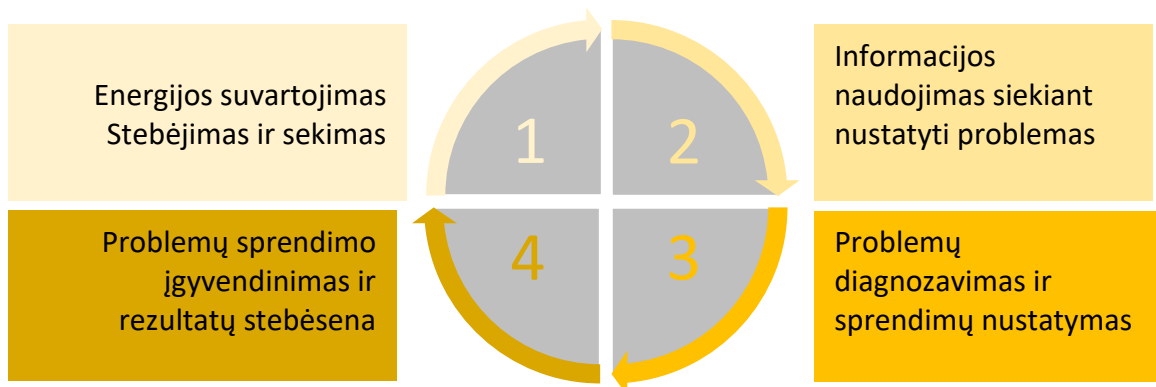
Šiandien energijos vartojimo efektyvumas yra pripažįstamas kaip pagrindinė strategija siekiant tvarumo tikslų, o pažangios technologijos, tokios kaip daiktų internetas (angl. *internet of things*, IoT) ir pastatų automatika, atlieka svarbų vaidmenį optimizuojant energijos naudojimą šiuolaikiniuose pastatuose. Pastaraisiais metais atsinaujinančios energijos šaltinių technologijos, tokios kaip saulės kolektoriai ir vėjo jėgainės, plačiau integruojamos į energiją taupančių pastatų projektus.

Istorinė energijos vartojimo efektyvumo raida rodo, kad vis labiau pripažįstama, jog pastatai, kaip didžiausi energijos vartotojai, turi būti projektuojami ir eksploatuojami taip, kad jų poveikis aplinkai būtų kuo mažesnis. Ši sritis nuolat vystosi, o praeities patirtis suteikia vertingų įžvalgų apie tai, kaip šiuolaikiniai pastatai gali suderinti energijos vartojimą su komforto ir tvarumo poreikiais.

5.2. Energijos auditas ir lyginamoji analizė

Energijos auditas ir lyginamasis vertinimas yra svarbūs žingsniai vertinant ir gerinant pastatų energetinį efektyvumą. Ypač esamuose pastatuose pirmasis žingsnis siekiant pagerinti energijos vartojimo efektyvumą yra išmatuoti esamą energijos suvartojimą. Energijos auditai suteikia išsamią informaciją apie energijos suvartojimą, padėdami nustatyti sritis, kuriose galima pagerinti efektyvumą [8].

Kita vertus, energijos vertinimas, dar žinomas kaip energijos vartojimo efektyvumo stebėjimas, yra būdas nustatyti, kur galima pasiekti didžiausią energijos vartojimo efektyvumo pagerėjimą. Tai dažnai yra pirmasis žingsnis siekiant ilgalaikių energijos vartojimo efektyvumo tikslų, nes taip nustatomas pastato energijos taupymo potencialas. Pirmiausia tai yra pastato energijos naudojimo stebėjimo procesas, po to – pastato energijos vartojimo efektyvumo palyginimas su standartiniais rodikliais ar panašiomis struktūromis, leidžiantis aiškiai suprasti jo santykinį efektyvumą. Lyginamoji analizė leidžia tiesiogiai palyginti pastatų energijos naudojimą, atsižvelgiant į tokius kintamuosius kaip vietos klimatas, plotas, užimtumo lygis ir darbo valandos.



5.2.1. Pastatų energijos vartojimo vertinimo metodai

Pastatų energijos suvartojimui įvertinti naudojami keli metodai, pradedant energijos auditais. Energijos auditai paprastai skirstomi į tris lygius:

- **1 lygis (apžvalginis auditas):** tai yra preliminarus auditas, apimantis vizualinę pastato apžiūrą ir pagrindinę energijos suvartojimo analizę. Jis leidžia nustatyti svarbiausias energijos taupymo galimybes, surinkus minimalų duomenų kiekį.
- **2 lygis (energijos tyrimas ir analizė):** apima išsamesnę analizę, įskaitant energijos sąskaitų ir pagrindinių matavimo duomenų naudojimą. Jis suteikia platesnį supratimą apie tai, kaip įvairios sistemos (apšvietimas, šildymas, vėsinimas ir kt.) naudoja energiją.
- **3 lygis (išsamiai analizė):** žinomas kaip investicinio lygio auditas, šis metodas apima išsamų duomenų rinkimą ir pastato energetikos sistemų analizę. Tai apima pažangių priemonių, pvz., energijos modeliavimo programinės įrangos, naudojimą, siekiant imituoti energijos vartojimo efektyvumą įvairiomis sąlygomis.

Kitas svarbus vertinimo įrankis yra pastatų energijos valdymo sistemos (angl. *building energy management systems*), kurios teikia realaus laiko duomenis apie energijos suvartojimą [9]. Be to, tokios technologijos kaip termovizija padeda nustatyti šilumos nuostolius per sienas, langus ir stogus bei galimus inžinerinių sistemų trūkumus. Konkrečių sričių (pvz., apšvietimo, šildymo ir vėdinimo) papildomas matavimas suteikia išsamesnį energijos naudojimo vaizdą. Energijos naudingumo sertifikatai (angl. *energy performance certificates*, EPC) taip pat vaidina svarbų vaidmenį vertinant ir reitinguojant pastato energijos vartojimo efektyvumą pagal skalę, todėl lengviau suprasti jo bendrą efektyvumą.

5.2.2. Energijos vartojimo efektyvumo lyginamoji analizė

Nustatydami gaires, pastatų savininkai ir operatoriai gali palyginti savo energijos suvartojimą su panašiais pastatais arba iš anksto nustatytais standartais. Vienas iš dažniausiai naudojamų būdų nustatyti veiklos gaires yra energijos suvartojimo intensyvumas (angl. *energy use intensity*, EUI), kuris matuoja energijos suvartojimą vienam pastato kvadratiniam metrui per metus. Mažesnės EUI vertės rodo geresnį energijos vartojimo efektyvumą.

Europoje Pastatų energinio efektyvumo direktyva (angl. *energy performance of buildings directive*) numato gaires energijos vartojimo vertinimui ir sertifikavimui [10].

LEED ir BREEAM sertifikavimo sistemos nustato energijos naudojimo efektyvumo standartus, skirdamos taškus pagal energijos vartojimo efektyvumą ir tvarumo praktiką. Šios sertifikavimo sistemos skatina nuolatinį tobulėjimą, siūlydamos aukštesnius sertifikavimo lygius už didesnį energijos taupymą.

Kitas lyginamasis vertinimo metodas apima pastato energijos suvartojimo palyginimą su panašių pastatų, priklausančių tai pačiai grupei (pvz., panašaus dydžio, tipo ar klimato

zonos), energijos suvartojimu. Tai suteikia kontekstą, leidžiantį nustatyti, ar pastatas veikia geriau ar blogiau nei vidutinis sektoriaus rodiklis.

Galiausiai, vidinis lyginamasis vertinimas gali būti atliekamas lyginant dabartinius pastato eksploatacinius rodiklius su istoriniais duomenimis, taip leidžiant nustatyti energijos naudojimo tendencijas laikui bėgant. Tai padeda stebėti energijos taupymo priemonių efektyvumą.

5.3. Energijos vartojimo efektyvumo sprendiniai pastatams

5.3.1. Izoliacija ir pastato apvalkalo projektavimas

Pastato apvalkalas yra labai svarbus nustatant bendrą pastato energijos vartojimo efektyvumą, nes jis veikia kaip barjeras tarp vidaus aplinkos ir išorinio klimato.

Tinkamai suprojektuotas ir izoliuotas pastato apvalkalas padeda reguliuoti patalpų temperatūrą, sumažindamos pernelyg didelio šildymo ar vėsinimo poreikį. Pastato apvalkalo efektyvumas priklauso nuo izoliacijos ir įvairių techninių sprendimų, skirtų energijos nuostoliams sumažinti.

Vienas iš svarbiausių šilumos izoliacijos medžiagų fizinių parametru yra šilumos laidumas, kuris apibūdina medžiagos gebėjimą perduoti šilumą. Skirtingos izoliacinės medžiagos turi skirtingus šilumos laidumo koeficientus λ (žr. pavyzdžius 1 lentelėje).

Yra keletas pagrindinių būdų, kaip sumažinti energijos nuostolius ir padidinti terminį efektyvumą. Pirmą, būtina naudoti aukštos kokybės izoliacines medžiagas, pvz., stiklo pluoštą, putas ir mineralinę vatą, kad žiemą šiluma būtų sulaikoma viduje, o vasarą – išorėje.

Hermetizavimas yra dar vienas svarbus metodas, kuris apima siūlių ir įtrūkimų aplink langus, duris ir kitas angas uždarymą, siekiant užkirsti kelią oro nuotėkiui ir skersvėjams. Be to, dvigubo arba trigubo stiklo langai užtikrina geresnę izoliaciją, nes tarp stiklų sukuria izoliuojantį oro arba dujų sluoksnį, kuris sumažina šilumos perdavimą.

Šiltesniuose klimatuose atspindžios stogo dangos gali padėti sumažinti šilumos sugėrimą, o žali stogai suteikti papildomą izoliaciją ir natūralų pastato vėsinimą.

Siekiant sumažinti šilumos nuostolius ir išvengti šalčio tiltelių per konstrukcinius pastato elementus, tokius kaip plieninės sijos, balkonų jungtys ar fasado tvirtinimai, įrengiamas šilumos izoliacinis intarpas (angl. *thermal break*).

Garų izoliacija būtina įrengti norint užtikrinti termoizoliacijos apsaugą nuo kondensato ir drėgmės žalos, siekiant išvengti pelėsio ar konstrukcijų pažeidimų.

1 lentelė. Skirtingų izoliacinių medžiagų palyginimas.

WOOD FIBRE • Thermal conductivity/ λ (W/m^2K) 0.038 • Density (kg/m^3) 30 – 300	CELLULOSE • Thermal conductivity/ λ (W/m^2K) 0.038 - 0.040 • Density (kg/m^3) 30 - 80
WOOL • Thermal conductivity/ λ (W/m^2K) 0.038 • Density (kg/m^3) 12 - 30	HEMP • Thermal conductivity/ λ (W/m^2K) 0.039 - 0.040 • Density (kg/m^3) 20 - 190
GLASS WOOL • Thermal conductivity/ λ (W/m^2K) 0.035 • Density (kg/m^3) 10 - 70	ROCK MINERAL WOOL • Thermal conductivity/ λ (W/m^2K) 0.032 - 0.044 • Density (kg/m^3) 20 - 200
POLYURETHANE • Thermal conductivity/ λ (W/m^2K) 0.023 - 0.026 • Density (kg/m^3) 25 - 100	EXPANDED POLYSTYRENE (EPS) • Thermal conductivity/ λ (W/m^2K) 0.034 - 0.038 • Density (kg/m^3) 10 - 50
EXTRUDED POLYSTYRENE (XPS) • Thermal conductivity/ λ (W/m^2K) 0.014 • Density (kg/m^3) 25 - 65	CORK • Thermal conductivity/ λ (W/m^2K) 0.036 - 0.06 • Density (kg/m^3) 100 - 220

5.3.2. Šilumos izoliacijos sistemos

Fasado šiltinimo išorinė sudėtinė termoizoliacinė sistema (angl. *external thermal insulation composite system*, ETICS¹) – tai kompaktiškas daugiasluoksnis izoliacijos sprendimas, skirtas apšiltinti pastato išorines sienas, pagerinti jų šiluminę varžą, sumažinti šilumos nuostolius ir pagerinti fasado estetiką. Šis sprendimas taikomas siekiant didinti naujų ir esamų pastatų energijos vartojimo efektyvumą.

Ši išorinių sienų izoliacijos sistema sudaryta iš kelių pagrindinių sluoksnių: izoliacinės medžiagos (dažniausiai putų polistirolo ar mineralinės vatos), armavimo tinklelio, klijų ir dekoratyvinio sluoksnio. ETICS sistema naudinga tuo, kad sumažina pastato šilumos nuostolius, sumažina šildymo ir vėsinimo išlaidas, pagerina patalpų mikroklimatą, apsaugo nuo drėgmės ir pelėsio, atnaujiną fasado išvaizdą, gerina garso izoliaciją bei padidina pastato vertę ir ilgaamžiškumą.



5 pav. Išorinės sudėtinės termoizoliacinės sistemos pavyzdys.

Išorinės sudėtinės termoizoliacinės sistemos (ETICS) gali būti pagamintos iš tradicinių ir ekologiškų medžiagų, siekiant pagerinti pastato energijos vartojimo efektyvumą ir sumažinti poveikį aplinkai [11]. Dažniausiai naudojamos izoliacinės medžiagos yra polistireninis putplastis (EPS), ekstruzinis polistireninis putplastis (XPS) ir mineralinė vata, kurios užtikrina gerą termoizoliaciją. Tačiau vis populiareesnės tampa ekologiškos alternatyvos. Pavyzdžiui, kamštinės ir medienos plaušo izoliacinės plokštės yra atsinaujinančios, biologiškai skaidžios ir mažiau kenkia aplinkai. Kanapės ir celiuliozė yra kitos ekologiškos medžiagos, kurios užtikrina puikią izoliaciją ir yra pagamintos iš natūralių, perdirbtų medžiagų. Ant izoliacijos sluoksnio uždedamas armavimo pagrindinis sluoksnis, paprastai pagamintas iš cemento arba polimerais modifikuoto skiedinio, su stiklo pluošto tinkleliu, kuris užtikrina stabilumą. Ekologiški skiediniai, pagaminti iš kalkių arba molio mišinių, taip pat naudojami ekologiškose ETICS sistemose. Galutinis apdailos sluoksnis, kuris užtikrina apsaugą ir estetinį patrauklumą, gali būti sudarytas iš kvėpuojančių, natūralių dangų, pavyzdžiui, kalkių, molio arba augalinės

¹ JAV daugiau paplitusi išorinio šiltinimo ir apdailos sistema (angl. *exterior insulation finish system*, EIFS).

kilmės tinkų. Šios ekologiškos medžiagos padidina pastato tvarumą, tuo pačiu užtikrindamos pagrindines izoliacijos ir ilgaamžiškumo savybes.

5.3.3. Pastatų sandarumas

Tinkamas sandarumas užtikrina puikų šiluminį ir akustinį komfortą. Jis taip pat padeda apsaugoti pastatą nuo galimo pažeidimo, kurį sukelia vandens garų įsiskverbimas į konstrukcinius elementus konvekcijos būdu. Be to, jis sumažina energijos nuostolius, užkertant kelią nenumatytaim ventiliacijai dėl oro nuotėkio.

Svarbiausios sritys, kurioms reikia skirti dėmesį, yra šios:

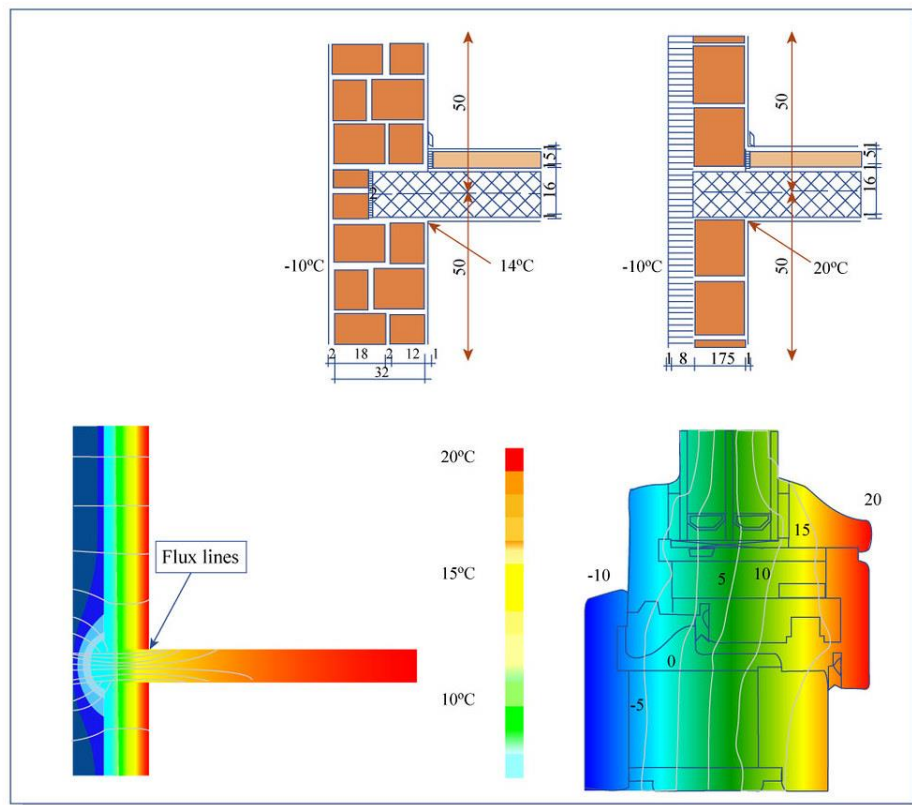
- Persidengiančios membranos ir kontaktiniai taškai tarp lakštų bei plokščių.
- Stogo ir sienų sujungimai, taip pat visos galimos nesandarios vietos stogo konstrukcijoje.
- Langų, durų ir sienų įrengimo ir montavimo vietos.
- Visi oro sandarumą pažeidžiantys pralaidumai per sandarųjį sluoksnį, taip pat vertikalios šachtos ar vamzdynai, einantys per konstrukcijas.

Pastato sandarumo bandymas turi būti atliekamas ir rezultatai vertinami griežtai laikantis tarptautinio techninio standarto LST EN ISO 9972:2015 „Šiluminės pastatų charakteristikos. Pastatų pralaidumo orui nustatymas“, kuris skirtas pastatų ar pastatų dalių oro pralaidumo matavimui lauke [12]. Šis standartas apibrėžia visus svarbius bandymo parametrus – kaip turi būti paruoštas pastatas, kokia tiksliai įranga turi būti naudojama, kaip turi būti renkami duomenys, kaip jie turi būti interpretuojami ir tvirtinami.

Pastato sandarumą galima išmatuoti įjungus specialią ventiliatoriaus įrangą (angl. *blower door test*), kuri sukuria slėgio skirtumą tarp pastato vidaus ir išorės. Šis slėgis leidžia išmatuoti oro apykaitos greitį. Šis bandymas parodo oro sandarumo lygį, kuris palyginamas su techniniuose standartuose nurodytomis normomis. Kiti sandarumo testai apima dūmų testą (angl. *smoke test*), kai į pastatą arba prie įtartinų vietų paleidžiami specialūs dūmai, ir termovizinį tyrimą, kurio metu fiksuojami temperatūrų skirtumai pastato paviršiuose.

5.3.4. Šalčio tiltai

Šalčio tiltai (vartojamas ir terminis tiltas terminas, angl. *thermal bridges*) – tai pastato konstrukcijos vietos, kuriose vyksta šilumos nuotoliai, kur mažesnė šiluminė varža bei prasčiau izoliuotos vietos. Dažniausiai šalčio tilto vietos susidaro skirtingų konstrukcinių elementų jungtyse, tokiose kaip sienų ir grindų jungtys, įvairiuose kampuose, ties stogo kraštais arba aplink langus ir duris.



6 pav. Šalčio tilto pavyzdys.

Šalčio tiltai sutrikdo izoliacijos tęstinumą, jie gali žymiai sumažinti bendrą pastato energijos vartojimo efektyvumą. Be to, jie sukuria šaltas vietas ant vidinių paviršių, o tai laikui bėgant gali sukelti kondensato susidarymą, pelėsio augimą ir galimus konstrukcijos pažeidimus. Efektyvios projektavimo ir statybos praktikos, pvz., tinkamos izoliacijos užtikrinimas ir tarpų tarp statybinių medžiagų eliminavimas, gali padėti sumažinti šalčio tiltų susidarymą. Tai yra svarbu ne tik energijos taupymo, bet ir pastato ilgaamžiškumo bei komforto išlaikymo požiūriu.

5.3.5. Normatyviniai atitvarų U verčių reikalavimai

Siekiant, kad pastatai būtų statomi laikantis aukščiausių reikalavimų, reglamentuojami atskirų pastato konstrukcijų šilumos perdavimo koeficientai. Reglamentuojami tokie elementai kaip stogai, sienos, grindys ant žemės (virš nešildomų patalpų), langai. Reikalavimai skirtingose šalyse skiriasi dėl klimatinės zonos skirtumų bei nustatytų energetikos politikos tikslų.

Be to, siekiant sumažinti energijos išteklių naudojimą, reikalavimai tampa vis griežtesni. Nauji pastatai turi atitikti A arba aukštesnę energijos klasę.

5.3.6. Šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo sistemos

Šios sistemos, kartu su apšvietimu, paprastai sudaro didelę dalį pastato energijos suvartojimo, todėl jos yra pagrindiniai efektyvumo didinimo uždaviniai.

Vėdinimas: vėdinimo optimizavimas apima rekuperacijos (angl. *heat recovery ventilation*, HRV) sistemos įrengimą. Rekuperacijoje, šilumokaičio pagalba, vyksta išeinančio ir įeinančio oro srautų temperatūriniai mainai. Kintamo oro srauto (angl. *variable air volume*, VAV) vėdinimo, šildymo ar oro kondicionavimo sistemos, taip pat gali reguliuoti oro srautą pagal poreikį, sumažindamos nereikalingą energijos suvartojimą.



7 pav. Ventiliacijos sistema ant pastato stogo.

Šildymo ir oro kondicionavimo efektyvumas: Šildymo ir vėsinimo efektyvumą galima pagerinti naudojant aukšto efektyvumo katilus ir oro kondicionierius, kurie sunaudoja mažiau energijos, bet užtikrina tokį patį komforto lygį. Šilumos siurbliai, kurie perduoda šilumą, o ne ją generuoja, yra labai efektyvūs ir idealiai tinka šildymui ir vėsinimui daugelyje klimato zonų. Tinkama izoliacija aplink šildymo, vėsinimo ir ventiliavimo (HVAC) ortakius ir energiją taupančių langų naudojimas taip pat padeda sumažinti šilumos nuostolius ir sumažinti HVAC apkrovą.

HVAC sistemų atveju reguliari priežiūra yra svarbiausias veiksnys, užtikrinantis efektyvų įrangos veikimą. Reguliariai keičiant filtrus, valant ortakius ir tikrinant komponentus galima išvengti energijos švaistymo. Įrengus programuojamus termostatus arba išmaniuosius valdiklius galima geriau valdyti temperatūrą, reguliuojant šildymą arba vėsinimą pagal patalpų užimtumą arba paros laiką. Įdiegus zonavimo sistemas, skirtingas pastato zonas galima šildyti arba vėsinti nepriklausomai viena nuo kitos, taip sumažinant energijos suvartojimą neužimtuose patalpose.

5.3.7. Energiją taupančios buitinės technikos ir įrangos, energiją taupančios apšvietimo sistemos

Energiją taupančios buitinės technikos prietaisai ir įranga atlieka svarbų vaidmenį mažinant bendrą pastato energijos suvartojimą ir poveikį aplinkai. Šiuolaikiniai prietaisai, tokie kaip *Energy Star* sertifikuoti šaldytuvai, oro kondicionieriai ir skalbimo mašinos, yra suprojektuoti taip, kad sunaudotų žymiai mažiau elektros energijos ir vandens nei jų tradiciniai analogai, taip sumažinant komunalinių paslaugų išlaidas ir šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimą. Panašiai, energiją taupančios šildymo, vėsinimo ir vėdinimo sistemos bei išmanieji termostatai padeda optimizuoti šildymą ir vėsinimą, reguliuojant temperatūrą pagal patalpos užimtumą.

Europos Komisija, remdamasi 2023 m. ekologinio projektavimo poveikio apskaitos apžvalgos ataskaita (angl. *ecodesign impact accounting overview report*), praneša, kad 2020 m. Europoje buvo naudojama beveik 11 milijardų lempų, t. y. daugiau nei 24 lempos vienam asmeniui Europos Sąjungos 27 šalyse. Nors vienas šviesos šaltinis sunaudoja palyginti nedaug energijos, palyginti su kitais ekologinio projektavimo produktais, dėl didelio įdiegtų produktų skaičiaus apšvietimas yra trečias pagal energijos suvartojimą (po pramoninių komponentų ir patalpų šildymo), sudarantis 8 % pirminės energijos, įtrauktos į 2020 m. EIA apskaitą [13].

2 lentelė. Įvairių tipų naudojamų lempučių palyginimas:

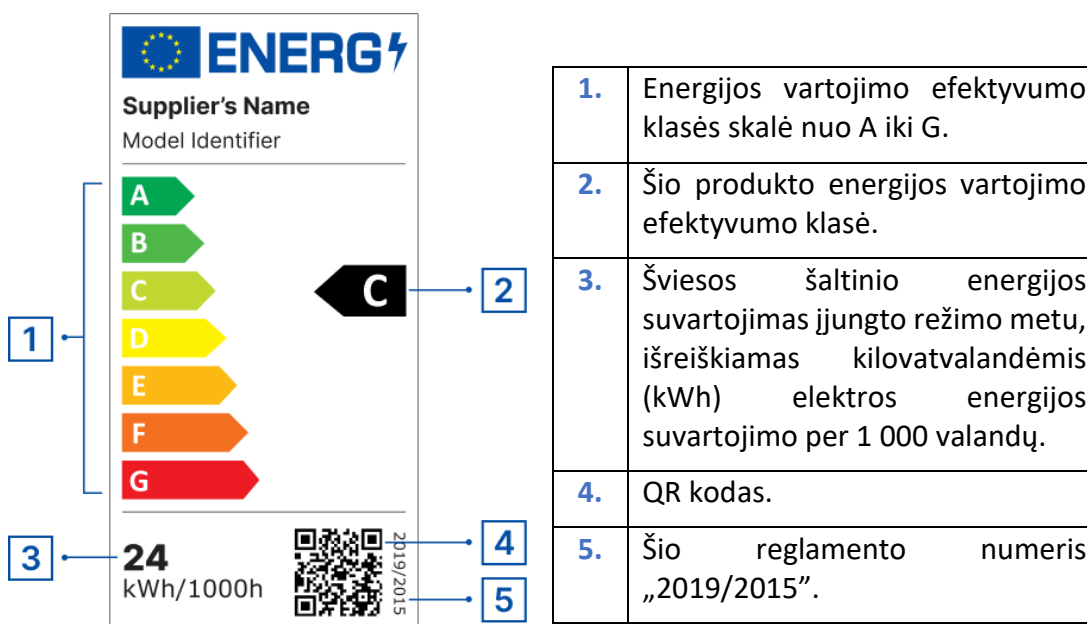
LED (angl. <i>light emitting diode</i>)	Linijinė liuminescencinė lempa (angl. <i>linear fluorescent lamp</i>)	Kompaktinė liuminescencinė lempa (angl. <i>compact fluorescent lamp</i>)	Volframo (halogeninė) lempa (angl. <i>halogen</i>)	Buitinė kaitrinė lempa (angl. <i>general lighting service</i>)
Efektyvumas				
80 – 140 lm/W Tikėtina ateityje > 200 lm/W	80 – 90 lm/W	50-70 lm/W	12 to 20 lm/W	10 lm/W
				

Be prietaisų, mažai energiją naudojantis apšvietimas yra labai svarbus tvaraus pastato projektavimui. LED apšvietimas, kuris sunaudoja iki 75 % mažiau energijos nei tradicinės kaitrinės lemputės ir tarnauja daug ilgiau, dabar plačiai naudojamas tiek gyvenamuosiuose, tiek komerciniuose pastatuose. Šios apšvietimo sistemos gali būti patobulintos naudojant išmaniąją valdymo techniką, pavyzdžiui, judesio jutiklius ir automatinį apšvietimo intensyvumo reguliavimą pagal natūralios šviesos kiekį, taip dar labiau sumažinant energijos suvartojimą. Integruojant šias pažangias technologijas, pastatai gali ženkliai sutaupyti energijos, sumažinti anglies dioksido emisijas ir prisidėti prie tvaresnės ateities kūrimo. Pastatų energijos suvartojimas gali būti ženkliai sumažintas naudojant energiją taupančią įrangą ir prietaisus, tokius kaip tie, kurie turi *Energy Star* sertifikatą. Šie prietaisai pasižymi tokia pačia arba net geresne veikimo kokybe nei tradiciniai, tačiau veikia efektyviau.

Energijos vartojimo efektyvumo ženklinimas

Nuo 2021 m. rugsėjo 1 d., atnaujinus ES energijos etiketes apšvietimo šaltiniams, naujos etiketės naudoja skalę nuo A (efektyviausia) iki G (mažiausiai efektyvi). Dėl nuolatinio energijos efektyvumo gerėjimo dauguma produktų pagal senąją etiketę buvo pažymėti kaip A+ arba A++, todėl buvo atliktas perskirstymas, siekiant aiškiau informuoti vartotojus, kurie produktai rinkoje yra efektyviausi. Etiketės pateikia informaciją apie produkto energijos efektyvumo klasę ir energijos suvartojimą.

Europos produktų registras energijos ženklinimui (angl. *the European product registry for energy labelling*, EPREL) suteikia detalią informaciją apie ES rinkoje parduodamus modelius. Šią informaciją galima gauti nuskenavus QR kodą, esantį naujose energijos vartojimo efektyvumo etiketėse. Duomenų bazėje pateikiama informacija, tokia kaip šviesos srautas, spalvos temperatūra ir lempos pagrindo tipas [14].



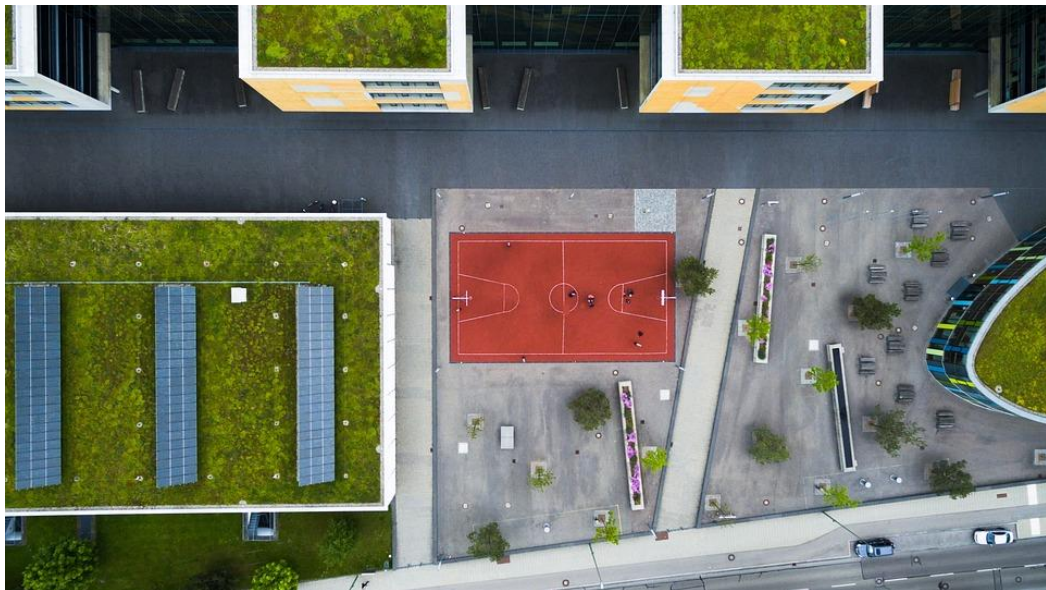
8 pav. Energijos vartojimo efektyvumo ženklinimas.

5.3.8. Atsinaujinančios energijos integravimas

Atsinaujinančių energijos šaltinių integravimas į pastatų projektavimą yra svarbus žingsnis siekiant energijos efektyvumo ir mažinant pastatų poveikį aplinkai. Atsinaujinančios energijos sistemos, tokios kaip saulės, vėjo ir geoterminė, leidžia pastatams gaminti švarią energiją vietoje, mažinant priklausomybę nuo iškastinio kuro ir mažinant šiltnamio efektą sukeliančių dujų išmetimą.

Saulės, vėjo ir kitų atsinaujinančių energijos šaltinių apžvalga pastatams

- Saulės energija:** saulės energija yra labiausiai paplitęs atsinaujinančios energijos šaltinis pastatams, kuris daugiausia gaunamas naudojant fotovoltines (angl. *photovoltaic*, PV) plokštes. Šios plokštės saulės spindulius tiesiogiai paverčia elektros energija ir gali būti montuojamos ant stogų, fasadų arba saulės jėgainių. Saulės šiluminės sistemos, kurios naudoja saulės šilumą karšto vandens gamybai arba šildymo, vėdinimo ir oro kondicionavimo (ŠVOK) sistemų energijai, taip pat veiksmingai gerina energijos efektyvumą. Dėl saulės modulių kainų mažėjimo ir valstybės paskatų, saulės energijos integravimas tampa vis labiau prieinamas tiek gyvenamuosiuose, tiek komerciniuose pastatuose.



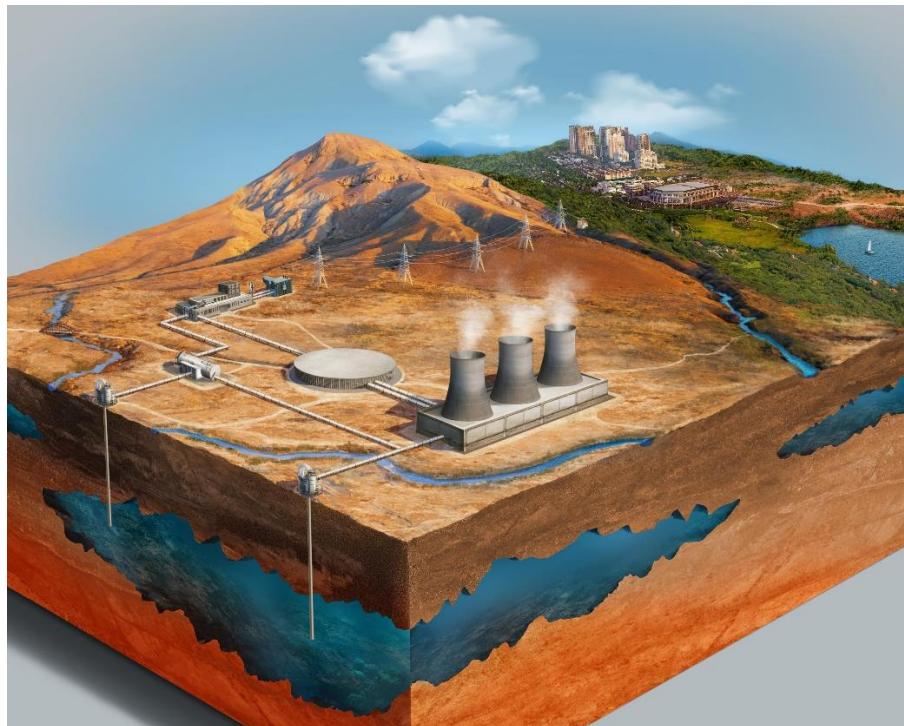
9 pav. Saulės kolektoriai ant pastato stogo.

- Vėjo energija:** vėjo energija dažniausiai naudojama didesniu mastu, tačiau ją taip pat galima integruoti į pastatus naudojant mažo masto vėjo turbinas. Šios turbinos dažniausiai montuojamos ant stogų arba šalia atvirų erdvių, kur vyrauja stiprūs vėjo srautai. Nors miestuose jos yra mažiau paplitusios dėl vietos trūkumo ir triukšmo, vėjo energija yra puikus pasirinkimas pastatams, esančiuose kaimo ar pakrančių regionuose, kur vyrauja nuolatiniai vėjai.



10 pav. Vėjo jėginių pavyzdys.

- **Geoterminė energija:** geoterminės sistemos naudoja žemės gelmių šilumą efektyviam pastatų šildymui ir vėsinimui. Geoterminiai šilumos siurbiai perduoda šilumą tarp pastato ir grunto, suteikdami itin efektyvų būdą reguliuoti vidaus temperatūrą naudojant minimalų energijos kiekį. Šios sistemos veikia visus metus ir yra ypač naudingos didesniems pastatams ar objektams, kuriems reikalingas pastovus šildymas arba vėsinimas.



11 pav. Geoterminių sistemų pavyzdys.

- **Kiti šaltiniai:** kitos atsinaujinančios energijos galimybės pastatams apima biomasės sistemas, kurios naudoja organines medžiagas šilumos ir elektros gamybai, bei hidroeneriją, nors pastaroji yra labiau priklausoma nuo konkrečios vietovės ir taikoma tik pastatams, esantiems šalia vandens telkinių. Taip pat vis labiau populiarėja vandenilio kuro elementai kaip švarios energijos sprendimas pastatams – jie gamina elektrą cheminės reakcijos būdu, be degimo proceso.

5.3.9. Išmanių pastatų technologijos

Išmaniosios pastatų technologijos keičia pastatų veikimo principus, leisdamos efektyviau naudoti energiją pasitelkiant pažangią automatiką, jutiklius ir išmaniuosius tinklus. Šios technologijos didina energijos vartojimo efektyvumą, suteikdamos galimybę stebėti ir valdyti sistemas realiuoju laiku, dinamiškai reguliuoti energijos naudojimą bei optimizuoti išteklius atsižvelgiant į pastato užimtumą ir išorines sąlygas.



12 pav. Įvairios pažangiosios pastatų technologijos, integruojamos į pastatus.

Automatizacijos, jutiklių ir išmaniųjų tinklų naudojimas energijos efektyvumui didinti

- **Automatizacija:** automatizacija išmaniuosiuose pastatuose leidžia išmaniai valdyti šildymo, vėsinimo, apšvietimo ir vėdinimo sistemas be žmogaus įsikišimo. Naudojant pastatų valdymo sistemas (angl. *building management systems*, BMS), pastatai gali automatiškai reguliuoti ŠVOK nustatymus, apšvietimo intensyvumą ir langų šešėliavimą pagal iš anksto nustatytus parametrus, tokius kaip paros metas, patalpų užimtumas ar net oro sąlygos. Tai sumažina energijos suvartojimą, užtikrinant, kad sistemos veiktų tik tada, kai reikia, ir optimaliai.
- **Jutikliai:** jutikliai atlieka svarbų vaidmenį išmaniuosiuose pastatuose, nes jie teikia realaus laiko duomenis apie įvairius veiksnius, tokius kaip patalpų užimtumas, temperatūra, drėgmė ir apšvietimo lygis. Užimtumo jutikliai gali aptikti, kai patalpa ar zona yra tuščia, ir atitinkamai reguliuoti apšvietimą ar ŠVOK

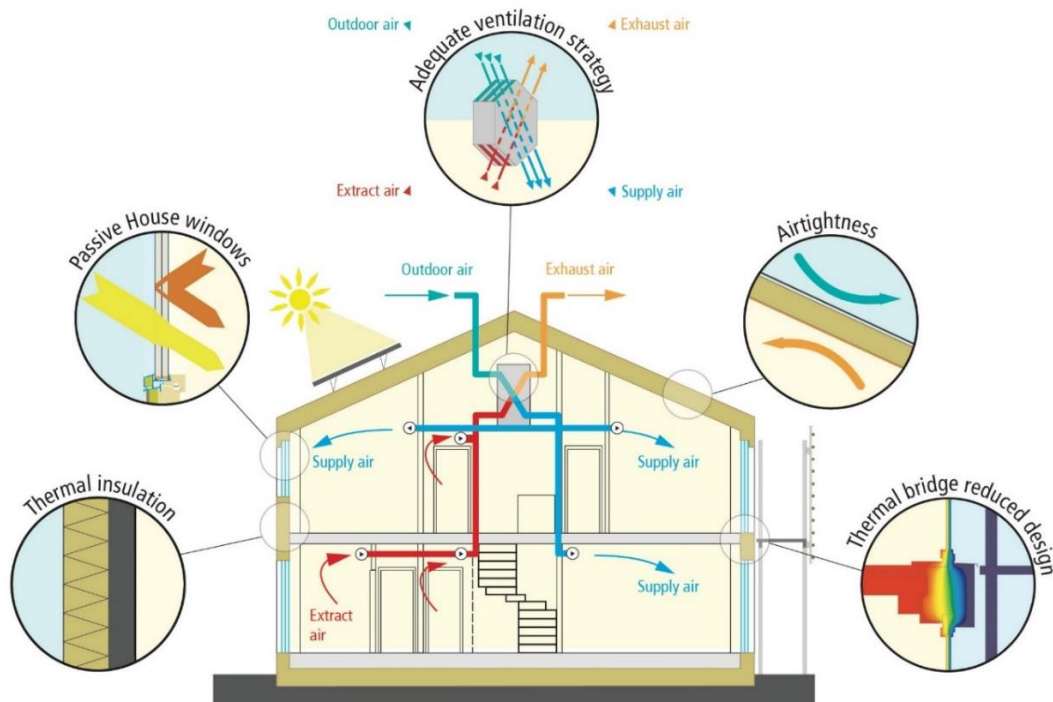
sistemas – išjungti jas arba sumažinti jų veikimą. Temperatūros jutikliai leidžia reguliuoti ŠVOK sistemas taip, kad būtų palaikoma komfortiška vidaus aplinka, sunaudojant kuo mažiau energijos. Dienos šviesos jutikliai automatiškai pritemdo arba išjungia dirbtinį apšvietimą, kai yra pakankamai natūralios šviesos.

- **Išmanieji tinklai:** Išmanieji elektros tinklai (angl. *smart grids*) integruoja atsinaujinančius energijos šaltinius, tokius kaip saulės ar vėjo energija, į pastatų sistemas, kur sukuriamas ryšys su platesniu elektros tinklu. Naudojant išmaniuosius skaitiklius ir dinaminę kainodarą, pastatai gali perkelti energijos naudojimą į ne piko valandas, kai energija yra pigesnė ar gausesnė, taip dar labiau sumažindami sąnaudas ir tinklo apkrovą. Išmanieji tinklai taip pat leidžia dalyvauti paklausos valdymo programose, kai pastatai koreguoja savo energijos suvartojimą pagal tinklo signalus – pavyzdžiui, sumažina naudojimą piko metu, kad būtų išvengta tinklo perkrovos ir sumažintas energijos švaistymas.

Integruojant automatizavimo, jutiklių ir išmaniųjų tinklų technologijas, pastatai gali reikšmingai sumažinti energijos suvartojimą, sumažinti eksploatacines sąnaudas ir prisidėti prie tvaresnės energetinės sistemos kūrimo.

5.3.10. Pasyvaus projektavimo sprendiniai

Pastatai, kuriuose taikomi pasyvaus projektavimo principai, maksimaliai išnaudoja natūralų apšvietimą, šildymą ir vėsinimą. Naudojant tokius sprendimus kaip tinkama orientacija, šešėlių išnaudojimas, natūrali ventiliacija ir šiluminės masės panaudojimas, mechaninių sistemų poreikis gali būti sumažintas iki minimumo. Pasyvus projektavimas padidina patalpų komfortą ir gyventojų gerovę, kartu sumažindamas energijos suvartojimą.



13 pav. Pasyviųjų namų statybai taikomi penki pagrindiniai principai.

Pastato orientacija daro didelę įtaką jo energijos vartojimo efektyvumui ir bendram komfortui. Strategiškai pastatą orientavus taip, kad būtų maksimaliai išnaudojama natūrali saulės šviesa – ypač šaltuose klimatuose – galima optimizuoti pasyvųjį saulės šildymą ir sumažinti dirbtinio šildymo poreikį. Pietų kryptimi nukreipti langai (šiaurės pusrutulyje) gauna daugiausia saulės šviesos, o šešėliavimo įrenginiai ar stogeliai padeda išvengti perkaitimo vasarą. Šiltesniuose klimatuose pastato orientavimas taip, kad būtų kuo mažiau tiesioginių saulės spindulių, padeda išlaikyti vėsesnį vidaus orą ir sumažinti kondicionavimo poreikį. Taip pat svarbūs vėjo kryptis ir ventiliacija – tinkama orientacija gali skatinti natūralų patalpų vėsinimą ir oro cirkuliaciją. Apibendrinant, apgalvota pastato orientacija padeda subalansuoti šildymo, vėsinimo ir apšvietimo poreikius, reikšmingai pagerindama pastato poveikį aplinkai.

5.3.11. Tvarios statybinės medžiagos

Tvarios statybos praktikos vis dažniau remiasi vietinių medžiagų naudojimu kaip pagrindine strategija energijos efektyvumui didinti ir poveikiui aplinkai mažinti. Vietinės medžiagos, gaunamos iš artimų regionų, suteikia dvigubą naudą: jos žymiai sumažina energijos sąnaudas, susijusias su transportavimu, ir tuo pačiu palaiko vietos ekonomiką. Naudojant medžiagas, lengvai prieinamas regione, statytojai gali sumažinti ilgų tiekimo grandinių poreikį, kurios dažnai susijusios su didelėmis anglies emisijomis dėl kuro sąnaudų transportavimui. Tai ne tik sumažina bendrą statybos poveikį aplinkai, bet ir minimalizuoja tiekimo grandinės vėlavimus bei sutrikimus, todėl statybos procesas tampa atsparus ir ekonomiškesnis.

Be to, svarbią vietą tvarumo skatinime užima žiedinės ekonomikos principas. Žiedinis požiūris į statybą reiškia, kad pastatai projektuojami naudojant medžiagas, kurias galima pakartotinai naudoti, perdirbti ar pritaikyti kitam tikslui pasibaigus jų gyvavimo ciklui. Tai mažina žaliavų paklausą ir padeda tausoti gamtinius išteklius. Pavyzdžiui, tokios medžiagos kaip perdirbta mediena, perdirbtas plienas ar pakartotinai panaudotas betonai gali būti naudojamos naujiems pastatams statyti be didelio apdirbimo poreikio. Tai ne tik sumažina statybinių medžiagų energijos sąnaudas, t. y. energiją, sunaudojamą jų gavybai, gamybai ir transportavimui, bet ir sumažina statybines atliekas, kurios yra svarbus sąvartynų ir aplinkos taršos šaltinis.

Žiedinės ekonomikos principų taikymas palaiko uždaro ciklo sistemas, kuriose medžiagos nuolat grįžta į naudojimą per perdirbimą ir pakartotinį panaudojimą. Tai kontrastuoja su tradicine linijine ekonomika, kurioje ištekliai yra išgaunami, naudojami ir išmetami. Ilgiau išlaikant medžiagas naudojimo cikle, žiedinė ekonomika mažina žaliavų išgavimą, mažina atliekų kiekį ir galiausiai gerina pastatų energijos efektyvumą tiek statybos, tiek eksploatacijos metu. Tokiu būdu tvarios statybinės medžiagos, ypač kai jos gaunamos vietoje ir naudojamos žiedinės ekonomikos principų rėmuose, ne tik mažina poveikį aplinkai, bet ir prisideda prie energiją taupančių, atsparių bei ilgaamžių pastatų kūrimo. Tvarios statybinės medžiagos yra būtinos norint sumažinti statybos poveikį aplinkai ir pagerinti pastatų bendrą energijos efektyvumą. Dažniausiai šios medžiagos yra pagamintos iš atsinaujinančių išteklių arba sukurtos taip, kad jų poveikis aplinkai per visą gyvavimo ciklą būtų mažesnis.

5.4. Ateities tendencijos energijos efektyvumo srityje

5.4.1. Išmanūs pastatai ir daiktų internetas (IoT)

Išmanusis pastatas integruoja pažangias automatizavimo sistemas, kurios valdo įvairius pastato veiklos aspektus — tokius kaip šildymas, vėdinimas, oro kondicionavimas (ŠVOK), apšvietimas ir saugumo sistemos — taip pastatas tampa jautresnis realaus laiko poreikiams ir sąlygoms. Svarbia technologija, leidžianti tai pasiekti, yra daiktų internetas (IoT) — tai tarpusavyje sujungtų įrenginių, tokių kaip jutikliai, termostatai ir matuokliai, tinklas, prijungtas prie interneto, leidžiantis rinkti, keisti ir analizuoti realaus laiko duomenis apie pastato veikimą. Išmaniuosiuose pastatuose IoT atlieka svarbų vaidmenį gerinant energijos efektyvumą, nuolat stebėdamas temperatūrą, drėgmę, patalpų užimtumą ir energijos suvartojimą.

Vienas iš dažniausių IoT panaudojimo išmaniuosiuose pastatuose pavyzdžių yra ŠVOK sistemų valdymas. Tradicinės šildymo ir vėsinimo sistemos dažnai veikia nuolat, nepriklausomai nuo to, ar patalpos užimtose, ar reikia keisti temperatūrą. Išmanieji termostatai, prijungti prie IoT, gali automatiškai reguliuoti temperatūrą pagal realaus laiko užimtumo duomenis, oro sąlygas ir netgi istorinius pastato naudojimo modelius. Tokie reguliavimai užtikrina, kad energija būtų naudojama efektyviau, sumažinant nereikalingas sąnaudas, tuo pačiu išlaikant komfortišką aplinką gyventojams.

Išmaniosios apšvietimo sistemos taip pat naudoja IoT privalumus. Apšvietimas, aprūpintas judesio jutikliais ir natūralios šviesos valdymo technologijomis, gali automatiškai reguliuoti apšvietimo intensyvumą ir trukmę pagal užimtumą ir natūralios šviesos kiekį. Pavyzdžiui, šviesas galima prigesinti arba išjungti, kai patalpose nieko nėra, arba reguliuoti jų ryškumą, kai į patalpas per langus patenka ir sklinda saulės šviesa. Tai ne tik sumažina energijos suvartojimą, bet ir pagerina gyventojų komfortą, užtikrindama optimalias apšvietimo sąlygas.

Be to, IoT įrenginiai padeda identifikuoti neefektyvumą, teikdami duomenis, kurie gali būti analizuojami siekiant numatyti įrangos, tokios kaip katilai, oro kondicionieriai ar liftai, gedimus ar rekomenduoti jų priežiūrą. Tai leidžia pastato administracijai imtis veiksmų iš anksto ir dar labiau gerinti pastato energijos veiksmingumą.

Šių įrenginių generuojami duomenys taip pat yra vertingi ilgalaikiam energijos planavimui. Administracija gali naudoti istorinius duomenis stebėti energijos suvartojimą laikui bėgant, nustatyti neefektyvumus ir kelti tikslesnius energijos taupymo tikslus. Pavyzdžiui, analizuojant energijos suvartojimo tendencijas skirtingais metų laikais ar skirtingu paros metu galima rasti tobulinimo galimybių, pavyzdžiui, geriau pritaikyti ŠVOK nustatymus prie faktinio naudojimo. Be to, šie duomenys gali būti naudojami pastato energijos veiklos lyginimui su pramonės standartais ar teisės aktais, padedant užtikrinti atitiktį energijos efektyvumo tikslams.

Apibendrinant, IoT integracija išmaniuosiuose pastatuose suteikia galingą sprendimą energijos suvartojimo mažinimo iššūkiui, tuo pačiu užtikrinant gyventojų komfortą ir veiklos efektyvumą.

5.4.2. Statybinių medžiagų ir technologijų pažanga

Pastatų energijos vartojimo efektyvumas tapo svarbiausiu architektų, inžinierių ir statybos specialistų dėmesio objektu, nes visame pasaulyje didėja paklausa tvariems ir ekologiškiems pastatams. Statybinių medžiagų ir statybos technologijų pažanga atlieka svarbų vaidmenį siekiant didesnio energijos vartojimo efektyvumo, mažinant anglies dioksido išmetimą ir gerinant bendrą pastatų tvarumą. Nuo novatoriškų izoliacinių medžiagų iki išmaniųjų langų ir pažangių statybos technologijų – šie pokyčiai keičia mūsų požiūrį į energijos vartojimo efektyvumą statybų srityje.

Viena svarbiausių pažangų energijos efektyvumui skirtose statybinėse medžiagose yra aukštos kokybės izoliacijos plėtra. Tradicinės izoliacinės medžiagos, tokios kaip stiklo vata, buvo plačiai naudojamos dešimtmečius, tačiau naujos medžiagos siūlo geresnes šiluminės izoliacijos savybes kartu mažindamos energijos nuostolius. Pavyzdžiui, aerogeliai yra itin lengvos medžiagos, žinomos dėl puikių izoliacinių savybių. Nors jos yra labai plonos, aerogeliai gali užtikrinti žymiai geresnę izoliaciją nei įprastos medžiagos. Panašiai vakuuminės izoliacinės plokštės (angl. *vacuum-insulated panels*, VIP) tampa populiarios sienų ir stogų konstrukcijose dėl jų gebėjimo užtikrinti aukštą šilumos izoliacijos lygį užimant mažiau vietos. Šios pažangios medžiagos padeda sumažinti energijos poreikį šildymui ir vėsinimui, ribodamos šilumos perdavimą tarp pastato vidinės ir išorinės aplinkos.

Kita inovatyvi medžiaga, naudojama energijos efektyvumui gerinti, yra fazinio virsmo medžiagos (angl. *phase change materials*, PCMs). Šios medžiagos geba absorbuoti ir kaupti šiluminę energiją dienos metu bei atiduoti ją vėsesniais laikotarpiais, pavyzdžiui, naktį. Natūraliai reguliuodamos patalpų temperatūrą, šios medžiagos mažina dirbtinio šildymo ir vėsinimo poreikį, taip sumažindamos energijos suvartojimą [15].

Langai dažnai yra reikšmingas energijos nuostolių šaltinis pastatuose, tačiau pažangios stiklo technologijos padeda šiuos nuostolius sumažinti. Išmanusis stiklas, dar vadinamas elektrochrominiu stiklu, gali automatiškai reguliuoti savo skaidrumą pagal saulės šviesos arba šilumos kiekį. Karštu oru stiklas gali patamsėti, sumažindamas šilumos patekimą į pastatą ir taip mažindamas oro kondicionieriaus poreikį. Šaltuoju metų laiku stiklas gali būti skaidresnis, leisdamas daugiau saulės šviesos patekti ir natūraliai sušildyti vidų [16].

Žalieji stogai ir augalų sienos

Pažangios ekologiškos statybos technologijos taip pat paskatino žaliųjų stogų ir gyvųjų sienų plėtrą, kurie suteikia tiek estetinę, tiek energijos taupymo naudą. Žalieji stogai, padengti augmenija, padeda izoliuoti pastatus, sugerdami šilumą, užtikrindami natūralų vėsinimą ir mažindami miesto šilumos salos efektą. Tai sumažina energijos kiekį, reikalingą pastatui vėsinti vasarą. Panašiai, gyvos sienos – vertikalūs sodai, įrengti ant pastatų išorės – gali pagerinti izoliaciją ir sumažinti energijos sąnaudas, natūraliai užtamsindamos sienas ir reguliuodamos temperatūrą. Be energijos efektyvumo pagerinimo, šios žaliosios detalės taip pat prisideda prie oro kokybės ir biologinės įvairovės gerinimo miesto aplinkoje.

Prefabikacija ir modulinė statyba

Naujos statybos technologijos, tokios kaip surenkamieji išankstinės gamybos ir moduliniai statiniai, prisideda prie energijos vartojimo efektyvumo didinimo, nes

padidina statybos proceso tikslumą ir greitį. Surenkamieji statybos komponentai, tokie kaip sienos, grindys ir stogo dalys, gaminami kontroliuojamoje aplinkoje, leidžia pasiekti tikslesnius konstrukcijos parametrus ir lengviau integruoti energiją taupančias medžiagas. Tai sumažina oro nuotėkio ir šalčio tiltų riziką, kurie gali turėti didelį poveikį pastato energijos vartojimo efektyvumui. Modulinė statyba, kai visos pastato dalys yra pagamintos ne statybvietėje, o vėliau surenkamos statybvietėje, taip pat sumažina atliekų kiekį ir užtikrina, kad pastatai būtų energijos efektyvesni pagal projektą. Šie metodai leidžia nuo pat pradžių integruoti pažangią izoliaciją, aukšto efektyvumo langus ir hermetišką konstrukciją.

Nuolatinė statybinių medžiagų ir technologijų raida suteikia daugybę galimybių didinti šiuolaikinių pastatų energinį efektyvumą – mažinant energijos suvartojimą, kartu gerinant komfortą ir tvarumą. Šioms medžiagoms ir technologijoms tampant vis plačiau naudojamoms, jos atliks esminį vaidmenį kuriant pastatus, kurie ne tik atitiks, bet ir viršys energinio efektyvumo standartus, prisidedami prie tvaresnės ir atsparesnės statybos aplinkos formavimo.

6. Rezultatai

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

7. Ko išmokome

Pagrindinių žinių apie pastatų energijos vartojimo efektyvumą.

Įvairių pasyvių ir aktyvių sprendimų, taikomų pastatuose siekiant didesnio energijos vartojimo efektyvumo.

Susipažinome su ateities pastatų energijos vartojimo efektyvumo tendencijomis ir medžiagų bei technologijų pažanga.

Šaltiniai

1. Lietuvos Respublikos ministerija. *Pastatų energinio naudingumo projektavimas ir sertifikavimas. Statybos techninis reglamentas STR 2.01.02:2016*. [Interaktyvus] [žiūrėta 2024-06-07]. Prieiga per: <https://e-seimas.lrs.lt/portal/legalAct/lt/TAD/15767120a80711e68987e8320e9a5185/asr>
2. European Environment Agency. *Energy efficiency*. [Interaktyvus] [žiūrėta 2024-06-07]. Prieiga per: <https://www.eea.europa.eu/en/topics/in-depth/energy-efficiency>
3. European Commission. *Energy Performance of Buildings Directive*. [Interaktyvus] [žiūrėta 2024-06-07]. Prieiga per: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficient-buildings/energy-performance-buildings-directive_en
4. European Commission. *In focus: Energy efficiency in buildings*. [Interaktyvus] [žiūrėta 2024-06-07]. Prieiga per: https://commission.europa.eu/news/focus-energy-efficiency-buildings-2020-02-17_en
5. European Commission. *2050 long-term strategy*. [Interaktyvus] [žiūrėta 2024-06-07]. Prieiga per: https://climate.ec.europa.eu/eu-action/european-climate-law_en
6. Deringer, J. J., Iyer, M., Huang, Y. J.. *Transferred just on paper? Why doesn't the reality of transferring/adapting energy efficiency codes and standards come close to the potential*. In Proceedings of the 2004 American Council for an Energy-Efficient Economy (ACEEE) Summer Study on Energy Efficiency in Buildings, 2004.
7. Hager Group. *Sustainable building certifications: an overview*. [Interaktyvus] [žiūrėta 2024-06-10]. Prieiga per: <https://hagergroup.com/en/blog/sustainability/sustainable-building-certifications>
8. Martinaitis, V., Rogoža, A., Šiupšinskas, G.. *Energijos vartojimo pastatuose auditas*. Vilnius: Technika, 2012. 124 p.
9. Kylili, A., Fokaides, P. A.. *European smart cities: The role of zero energy buildings*. In: *Sustainable Cities and Society*, 2015, Vol. 15, p. 86-95.
10. EPB Center. *The Energy Performance of Buildings Directive (EPBD)*. [Interaktyvus] [žiūrėta 2024-06-11]. Prieiga per: <https://epb.center/epb-standards/energy-performance-buildings-directive-epbd/>
11. European Association for External Thermal Insulation Composite System. *About ETICS*. [Interaktyvus] [žiūrėta 2024-06-12]. Prieiga per: <https://www.ea-etics.com/etics/about-etics/>
12. ISO: International Organization for Standardization. *ISO 9972:2015 Thermal performance of buildings — Determination of air permeability of buildings*. [Interaktyvus] [žiūrėta 2024-06-13]. Prieiga per: <https://www.iso.org/standard/55718.html>
13. European Commission. *Energy efficient products. Light Sources*. [Interaktyvus] [žiūrėta 2024-09-14]. Prieiga per: https://energy-efficient-products.ec.europa.eu/product-list/light-sources_en

14. EPREL - European Product Registry for Energy Labelling. Home. [Interaktyvus] [žiūrėta 2024-09-14]. Prieiga per: <https://eprel.ec.europa.eu/screen/home>
15. Liu, L., Hammami, N., Trovalet, L., Bigot, D., Habas, J. P., Malet-Damour, B.. *Description of phase change materials (PCMs) used in buildings under various climates: A review*. Journal of Energy Storage, 2022, Vol. 56, Part A.
16. Neurojet. *Smart Windows For Smart Buildings; Comprehensive Guide 2024*. [Interaktyvus] [žiūrėta 2024-10-10]. Prieiga per: <https://neuroject.com/smart-windows/>
- Viršelio pav. <https://pixabay.com/illustrations/save-energy-energy-saving-7382276/>
- 5 pav. <https://globalescolha.pt/servicos/sistema-etics/>
- 6 pav. <https://www.flickr.com/photos/mitopencourseware/3039165614/in/photostream>
- 7 pav. <https://pixabay.com/photos/hall-roof-ventilation-2560454/>
- 8 pav. https://energy-efficient-products.ec.europa.eu/product-list/light-sources_en
- 9 pav. <https://pixabay.com/photos/architecture-building-residences-2564183/>
- 10 pav. <https://pixabay.com/photos/wind-power-landscape-clouds-heaven-1357419/>
- 11 pav. https://www.freepik.com/free-photo/high-angle-model-renewable-energy-with-geothermal-power_16713400.htm#fromView=search&page=1&position=1&uuid=df846b64-5988-45fb-8c9b-714b1b6f46e0
- 12 pav. <https://pixabay.com/illustrations/smart-home-house-technology-2769239/>
- 13 pav. https://passiv.de/en/02_informations/02_passive-house-requirements/02_passive-house-requirements.htm