

Edita Milutienė

Atsinaujinančios energijos informacijos konsultacinio centro direktorė
KTU Aplinkos inžinerijos instituto doktorantė
Šiaudinių namų statytojų asociacijos tarybos narė
Lietuvos saulės energetikos asociacijos direktorė

SAULĖS ENERGIJOS NAUDOJIMAS

KONTAKTAI:

E. P. INFO@ATEIK.INFO

WWW.ATEIK.INFO, WWW.SIAUDUNAMAI.LT

Turinys

Įvadas	3
Pastatų energijos poreikiai	5
Saulės energijos charakteristika	6
Saulės architektūra	8
Saulės architektūros ir tiesioginio saulės energijos naudojimo principai	8
Šilumos akumuliacija	10
Apsauga nuo perkaitimo, pasyvosios vėsinimo ir vėdinimo sistemos	10
Natūralaus apšvietimo naudojimas	12
Saulės kolektoriai	12
Fotoelektra	15
Saulės energijos naudojimo pastatuose praktiniai pavyzdžiai	16
Pastatai be šildymo sistemos	16
Saulės architektūros principų taikymas vienbučiame name Vilniaus rajone	17
Plokščiųjų saulės kolektorių naudojimo patirtis Vilniaus mieste	19
Namas Kauno rajone, apsirūpinantis vietine energija	20
Sukauptos augaluose saulės energijos naudojimas kuro arba statybinių medžiagų gamybai	20
Racionalaus energijos vartojimo rekomendacijos	24
Išvados	25
Literatūra	26

Įvadas

Praktiškai visas kuras Žemėje (nafta, akmens anglis, biomasė) bei kitos energijos rūšys (vėjo energija, sekloji geoterminė energija) atsirado ar pasireiškia dėl Saulės poveikio Žemei.

Tiesioginę saulės energiją žmonija pradėjo naudoti dar tada, kai gyveno olose. Tai buvo pirmieji saulės energiją naudojantys objektai – pastatai. Nuo seniausių laikų įvairioms reikmėms yra naudojama saulės šiluma, o nuo praeito šimtmečio vidurio – ir saulės fotoelektra.

Dabar saulės energija naudojama labai plačiai: kalkuliatoriuose, palydovuose, kosminėse stotyse, naujo tipo automobiliuose, dviračiuose, elektros energiją gaminančiose jėgainėse, pastatuose. Vienas didžiausių saulės energijos naudojimo privalumų – jos yra visur, taigi, įrengimai gali būti mobilūs, jie neturi būti „pririšti“ laidais prie kokio nors stacionaraus objekto. Fotoelementus, ketindami pasikrauti mobiliuosius telefonus ar kitoms reikmėms, išsigyja netgi alpinistai. Visi minėti mobilūs elektros įrenginiai yra pagaminti iš fotoelementų.

Saulės šiluma dažniausiai naudojama pastatuose, o šilumą gaminantys įrengimai dažnai yra stacionarūs, t.y. pritvirtinti prie pastato.

Atskiras saulės energijos naudojimo atvejis yra elektros energijos gamyba, naudojant veidrodžių sistemas, koncentruojančias saulės spindulius siekiant pagaminti garą, kuris po to suka garo turbinas. Toks metodas kol kas efektyvus tik saulėtose šalyse, pavyzdžiui Ispanijoje.

Saulės energijos naudojimo apimtys yra susiję su energijos poreikiais. Daugiausiai energijos sunaudojama pastatuose, jų apšildymui, apšvietimui ir statybai, taigi toliau saulės energijos naudojimas analizuojamas remiantis saulės energijos naudojimo pastatuose pavyzdžiu.



Pueblo indėnų Dangaus miestas Akomoje. (http://www.mongabay.com/indigenous_ethnicities/north_american/Chaco_Canyon.html nuotrauka).



Mėnuleigis (NASA nuotrauka iš http://inventors.about.com/od/ssstartinventions/a/Solar_Cars.htm).



Saulės automobilis (<http://www.xof1.com> nuotrauka).



Kosminė stotis (http://www.nasa.gov/multimedia/imagegallery/image_feature_019.html nuotrauka).



Koncentruojantys saulės energiją jėgainė (www.ises.org nuotrauka).

Tarptautinio saulės miestų kongreso 2010 m. vieta – didžiausias saulės architektūros statinys Kinijoje (http://www.isci-cities.org/index.php?option=com_content&view=article&id=48&Itemid=2)



Europos šalių pastatuose sunaudojama apie 40 proc. energijos, trečdalis šio kiekio – pramoninės, komercinės bei visuomeninės paskirties pastatams (biurams, mokykloms, ligoninėms, viešbučiams, kt.), kita dalis tenka gyvenamiesiems namams. Kylant ekonomikai, šiuolaikinė visuomenė energijos naudoja vis daugiau – tokia tendencija būdinga ir pastatų sektoriui. Tai didžia dalimi susiję su iškastinio kuro naudojimu. Per praėjusį amžių žmonija sunaudojo tiek neatsinaujinančių energijos išteklių, kiek per tūkstantmečius nuo savo gyvavimo pradžios. Sudeginus naftą, akmens anglis ar kitą kurą, juose sukaupti anglies ir kiti junginiai virsta šiltnamio dujomis. Vienos jų – anglies dvideginis (CO_2), kurio koncentracija atmosferoje per pastarąjį šimtmetį padidėjo 25 proc., todėl 0,6–0,9 °C pakilo atmosferos oro temperatūra, tirpsta ledynai, kyla vandenyno lygis ir daugėja su oro sąlygomis susijusių gamtinių katastrofų. Deginant iškastinį kurą į aplinką patenka daug įvairių teršalų (azoto, sieros, vanadžio oksidai, kietos, skystos energetikos objektų veiklos atliekos, kt.). Prognozės apie klimato kaitos padarinius, energijos tiekimo saugumo problemas, aplinkos tarša, senkantys ištekliai pasaulio visuomenę skatina imtis ryžtingų veiksmų ir pakeisti energijos bei energijos išteklių naudojimo įpročius. Vis daugiau dėmesio skiriama atsinaujinančiųjų energijos išteklių įsisavinimui bei energijos taupymo priemonėms.

Atsinaujinančius energijos išteklius pastatuose galima naudoti keliais būdais: pasyviuoju – kai saulės, vėjo energija panaudojama tiesiogiai dėl vykstančių fizikinių procesų, ir aktyviuoju – kai šilumos ar elektros energijai pagaminti naudojant saulės, vėjo, biomasės, žemės gelmių energiją reikalinga speciali įranga.

Pasyvusis saulės energijos naudojimas – tai būdas, kai atitinkamai suprojektuotas pastatas sugeria ir sulaiko patalpų viduje saulės spindulius, patenkančius pro pietinius langus ar į pietų pusę orientuotas ištiklintas duris. Gerai apšiltintuose pastatuose saulės energija, gaunama per skaidrias atitvaras, orientuotas į pietus, gali kompensuoti didelę šilumos poreikių dalį.

Aktyviosiose sistemose naudojami įrenginiai (pavyzdžiui, saulės kolektorių sistema, fotoelementai). Aktyviosios sistemos skirtos šiluminei arba elektros energijai gaminti. Investicijos į aktyvias sistemas yra didesnės, ir dažnai prireikia atitinkamos valstybinės politikos, siekiant šalyje ar regione paskatinti tokių sistemų diegimą.

Saulės fotoelementų ir kolektorių diegimo tempai pasaulio mastu yra didžiausi lyginant su kitų atsinaujinančiųjų energijos išteklių įsisavinimu. Tai susiję su decentralizuotos energetikos vystymu, saulės energijos naudojimo įrangos montavimo ir eksploatavimo paprastumu. Nežiūrint pingančių technologijų, saulės fotoelementai vis dar išlieka brangoki (nors ši situacija gali greitai pasikeisti, atsiradus naujoms technologijoms), Lietuvos sąlygomis pasiteisina tik vietovėse, kur nėra elektros energijos perdavimo linijų. Saulės kolektorių naudojimas ir pasyvusis saulės energijos naudojimas Lietuvoje yra labai perspektyvūs.

Pastatų energijos poreikiai

Pastatuose energija naudojama siekiant palaikyti optimalų mikroklimatą ir gyvenimo ar darbo sąlygas. Lietuvoje tam reikalinga tiek šiluminė, tiek elektros energija. Priklausomai nuo pastato tipo, šiluminės energijos poreikiai labai skiriasi. Pastatų skirstymas pagal energijos sąnaudas atsirado kaip palaipsnio perėjimo prie labai efektyvių namų statybos proceso išraiška. Pagal tai, kiek energijos pastatuose sunaudojama per metus, jie skirstomi į kelias grupes (1 lentelė). Mažai energijos naudojančių pastatų bendras metinis šilumos poreikis neviršija 85 kWh/m².

1 lentelė. Pastatų šiluminės energijos poreikis ir šilumos nuostoliai per metus.

Pastato tipas	Nuostoliai per atitvaras, kWh/m ²	Energijos poreikis vandeniui šildyti, kWh/m ²	Nuostoliai dėl vėdinimo, kWh/m ²	Bendras metinis šilumos poreikis, kWh/m ²	Energinio dingumo klasė
Seni	160–300	15	50	225–365	D, E, F, G
Šiuolaikiniai	80	15	50	145	C
Mažai energijos naudojančios	35	15	35	85	A*, B
Pasyvieji	10	15	5	30	A*
Energiją gaminantys (Energy plus)	Energijos iš atsinaujinančių išteklių pastate pagaminama daugiau, nei suvartojama				A
* – kai naudojama atsinaujinančių išteklių energija					

Projektuojant, statant ir naudojant mažai energijos naudojančius pastatus svarbu:

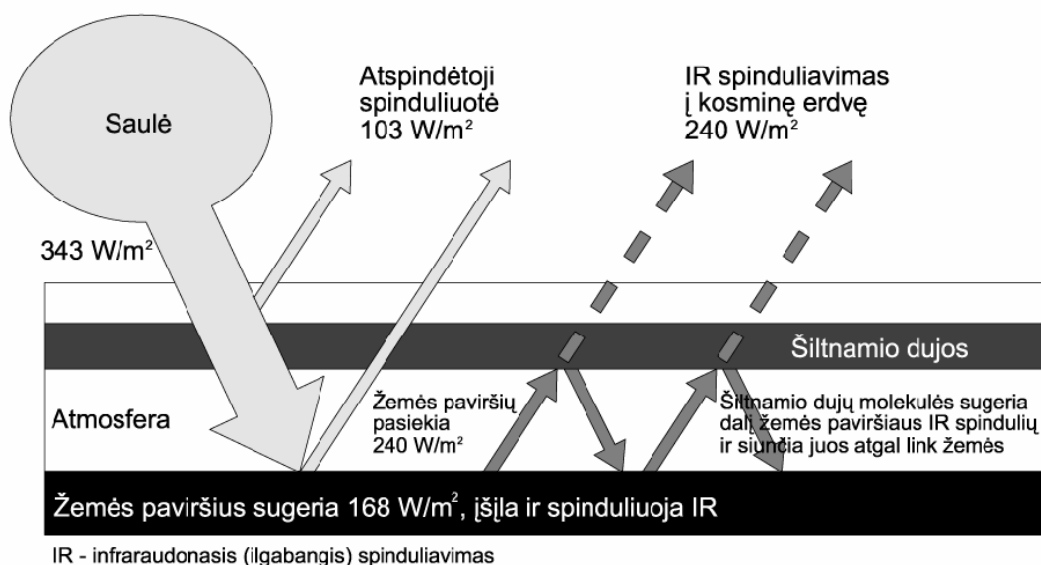
1. Kompaktiška pastato forma (sumažinamas paviršių, per kuriuos netenkama šilumos, plotas).
2. Gerai apšiltintos ir sandarios atitvaros.
3. Šiluminių tiltelių sumažinimas rūpestingai sudūrus konstrukcijas.
4. Pasyvusis (tiesioginis) saulės energijos naudojimas pro langus.
5. Laikinas langų apšiltinimas naktį naudojant langines, žaliuzes, storas užuolaidas.
7. Vėdinimo sistema su šilumograža.
8. Paprastai reguliuojama šildymo sistema.
9. Aktyvus saulės ir vėjo energijos naudojimas (vandens šildymas saulės kolektoriuose, saulės fotoelementai ar vėjo jėgainė elektros energijai, šilumai gaminti).
10. Taupus elektros energijos naudojimas (A ir aukštesnės klasės buitinė įranga, energiją taupančios lemputės, maksimalus natūralaus apšvietimo naudojimas, kt.).

Gerai apšiltinus pastatus, pasiekama dvejopa nauda: sumažėja šilumos poreikis, todėl tampa racionalu ir ekonomiškai padidinti saulės energijos dalį bendrajame energijos balanse. Saulės energijos naudojimas pastatuose ypatingas tuo, kad saulės energija - fiksuotos galios šaltinis, priklausantis nuo geografinės platumos, klimato sąlygų. Kai pastatui išildyti reikia nedaug energijos, nes jis gerai apšiltintas ir neprarandama daug šilumos per atitvaras, patalpas šildo net nedidelis saulės spindulių srautas, procentinė saulės energijos panaudojimo dalis bendrajame šilumos balanse tampa didesnė nei tada, kai pastato šildymo poreikis didelis.

Laikantis aukščiau išvardintų principų, panašiomis į Lietuvos klimato sąlygomis galima sutaupyti 1/3–2/3 patalpoms šildyti reikalingos energijos [6]. Pasaulinėje praktikoje yra pavyzdžių, kai pasyviuosiuose pagal saulės architektūros principus pastatytuose pastatuose visai nereikalinga šildymo sistema (žr. Pastatai be šildymo sistemos).

Saulės energijos charakteristika

Per metus viršutinę žemės atmosferos ribą pasiekia $5,6 \times 10^{24}$ J saulės energijos srautas. Žemės atmosfera atspindi apie 30% šios energijos atgal į kosmosą, o likusi energija sušildo žemės paviršių, naudojama garavimo – kritulių cikle, bangų, vėjo, oro ir vandenyno srovių susidarymui (1 pav.). Metinis, pasiekiančios žemę, saulės energijos kiekis yra $1,05 \times 10^{18}$ kWh, sausumai tenka 2×10^{17} kWh. Be ekologinio pakenkimo aplinkai galima panaudoti 1,5% ($1,62 \times 10^{16}$ kWh/m²). Tai ekvivalentu 2×10^{12} t sąlyginio kuro. Visas šiuo metu išgaunamas pasaulyje organinis kuras taip pat susidarė fotosintezės reakcijų metu, veikiant saulės energijai.



1 pav. Šiltnamio efekto susidarymas ir energijos kiekiai (W/m²) per metus [7].

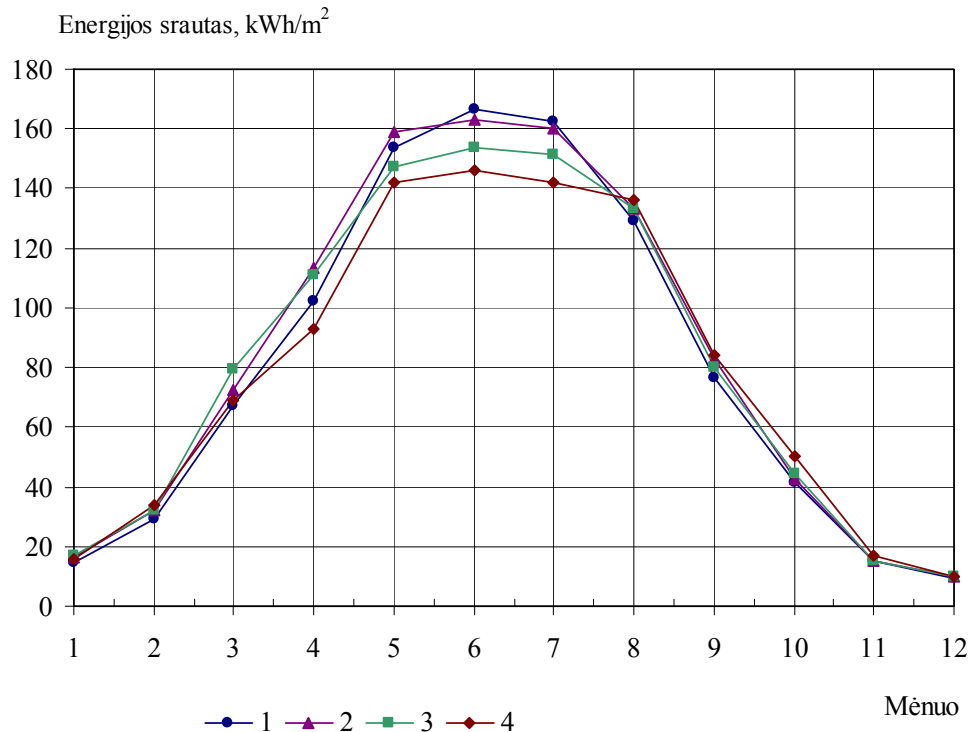
Saulės spinduliams praeinant pro atmosferos sluoksnius, dalis jų išsisklaido ir yra sugeriami ozono, oro ir garo molekulių bei dulkių dalelių, todėl tiesioginė saulės radiacija silpnėja, tačiau atsiranda difuzinė (išsklaidyta) saulės spinduliavimo dedamoji. Difuzinė saulės spinduliavimo dalis bendrame radiacijos sraute priklauso nuo geografinių ir klimatologinių veiksnių ir per metus kinta. Pvz. Kaune, išsklaidytos radiacijos dalis svyruoja nuo 77% sausio mėnesį iki 46% birželio mėnesį.

Saulės energija, pasiekianti Žemės paviršių Lietuvos teritorijoje, matuojama dviejose meteorologinėse stotyse - Kaune ir Šilutėje. Aktinometrinių matavimų kompleksas apima tiesioginės, išsklaidytos bei atspindėtos nuo žemės paviršiaus saulės energijos matavimą ir radiacinio balanso sudarymą. Daugiamečių stebėjimų duomenimis, vidutinis metinis suminės saulės radiacijos kiekis, krintantis į horizontalų paviršių yra 970 kWh/m² Šilutėje ir 1025 kWh/m² Kaune. Paros suminės radiacijos kiekiai į horizontalų paviršių labai skiriasi per metus ir kinta nuo 0,55 kWh/m²d. sausį iki 5,8 kWh/m²d. birželio mėnesį.

Metinis saulėtų valandų skaičius matuojamas 11-oje Lietuvos Respublikos meteorologinių stočių. Saulės švietimo laikas Lietuvoje ilgiausias pajūryje ir trumpėja rytinės sienos link, kadangi visoje šalies teritorijoje debesuotumo tikimybė didėja rytų kryptimi. Vidutiniškai saulėtų valandų

skaičius pajūryje siekia 1 840–1 900 val. kasmet. Šalies rytiniame pakraštyje jis neviršija 1 700 val./m. Maksimali saulės švietimo trukmė yra Nidoje ir siekia 1908 val./metus.

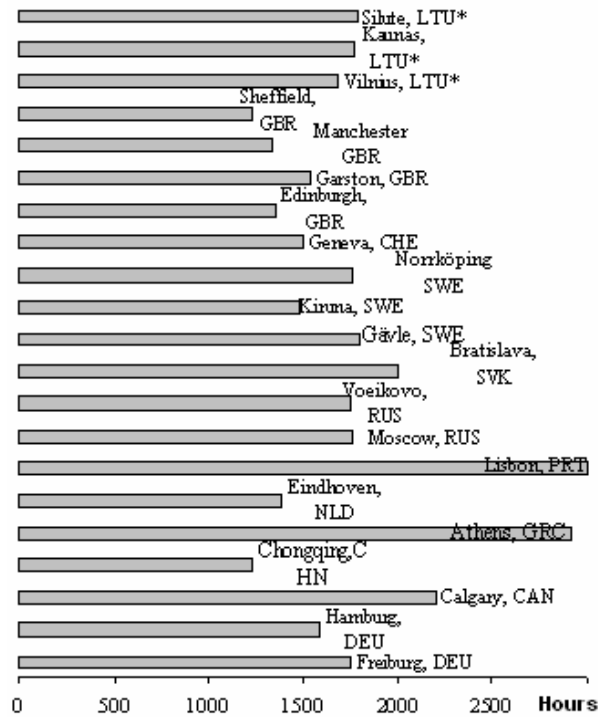
Nuo 1995 m. Lietuvos Respublikos aplinkos ministerijos Aplinkos apsaugos agentūros specialistai atlieka globalios saulės energijos radiacijos matavimus Tarptautiniame Vilniaus oro uoste. Eksperimentinių matavimų duomenimis nustatyta (duomenys fiksuojami kas 5 s), kad Vilniuje vidutinis suminis saulės energijos kiekis horizontalioje plokštumoje yra 3 500 MJ/m² per metus (tyrimo laikotarpiu iki 2003 m. buvo 3 300–3 660 MJ/m²). Tai mažai kuo skiriasi nuo kitų Lietuvos vietovių duomenų (2 pav.). Horizontaliai plokštumai 80 proc. metinės energijos tenka balandžio–rugsėjo mėnesiais.



2 pav. Į horizontalių paviršių krintantis saulės energijos srautas: 1 – Šilutėje (aktinometrinių matavimų duomenys); 2 – Kaune (aktinometrinių matavimų duomenys); 3 – Vilniuje (monitoringo Tarptautiniame Vilniaus oro uoste duomenys); 4 – Vilniuje (teoriniai skaičiavimai).

Dažnai manoma, kad Lietuvoje saulės energijos išteklių yra labai mažai, kad jie nereikšmingi. Tačiau palyginę, pavyzdžiui, kiek saulėtų valandų yra Vilniuje (1 690 valandų per metus) su kai kurių Europos miestų duomenimis (Mančesteryje, Didžiojoje Britanijoje, saulėtų valandų per metus yra 1 360, Hamburge, Vokietijoje – 1 570, Ženevoje, Šveicarijoje – 1 500, Kirunoje, Švedijoje – 1 470) matome, kad išteklių pakanka naudoti saulės energiją ir aktyviau, ir pasyviau būdu (remiantis Vokietijos, Švedijos, Didžiosios Britanijos, kitų šalių ir Lietuvos patirtimi), nors gaunamas efektas bus mažesnis nei tokiose šalyse kaip Graikija, Portugalija, Ispanija (per metus yra 2 500–3 000 saulėtų valandų).

Lietuvos teritorijos plotas yra apie 65 000 km². Visas saulės energijos kiekis, krentantis per metus į žemės paviršių, yra 65 mln. GWh. Tai maždaug 600 kartų viršija visos Lietuvos energetinius poreikius. Tačiau vertinant technologiniu ir ekonominiu požiūriu, tik nedidelę dalį šio energijos kiekio galima panaudoti.



3 pav. Saulėtų valandų kiekis per metus.

Saulės architektūra

Pasaulinėje praktikoje saulės architektūros principai taikomi projektuojant mažai energijos vartojančius, pasyviuosius ir kitokio tipo šiuolaikinius pastatus. Saulės architektūra buvo žinoma ir senosiose civilizacijose – Graikijoje, Romoje, Kinijoje. Vienas seniausių saulės energijos naudojimo pastatuose pavyzdžių yra Pueblo indėnų Dangaus miestas Akomoje (Šiaurės Amerika). Masyvūs moliniai pastatai buvo orientuoti į pietus.

Saulės architektūros ir tiesioginio saulės energijos naudojimo principai

Pagal šiuolaikinę sampratą, saulės architektūra susieja energijos naudojimo veiksmingumą ir pasyvųjį (tiesioginį) bei aktyvųjį saulės energijos naudojimo būdus.

Pagal saulės architektūros principus projektuojami pastatai turi atitikti tris pagrindinius reikalavimus:

1. Pastatai suprojektuojami taip, kad saulės energijos srautas patektų į pastatą, kai reikia šilumos, ir nekaitintų patalpų, kai šiluma nepageidaujama. Tai pasiekama tinkamai orientuojant pastatus bei suprojektavus platesnę pastogę.
2. Pastatai turi akumuliuoti saulės energiją – sukaupti šilumą, kurią galima naudoti, kai saulė nešviečia. Tam naudojamos masyvios konstrukcijos iš akmens, molio, plytų – sienoms, grindims, pertvaroms sukonstruoti ir kt. Galima numatyti ir specialius rezervuarus, užpildytus akumuliuojamosiomis medžiagomis (vandeniu ar fazinio virsmo tirpalais).
3. Pastatai turi veiksmingai naudoti saulės energiją: gauti ir sukaupti kuo daugiau saulės energijos ir lėtai ją išsklaidyti. Tai daugiausia lemia pastato šilumos izoliacija, mažinanti šilumos nuostolius.

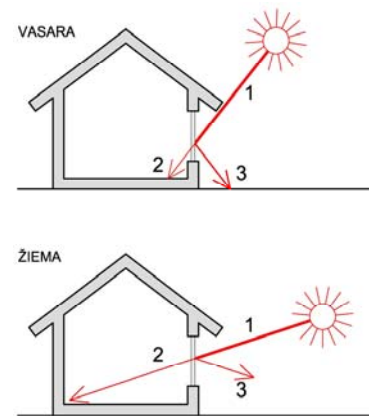
Naudoti saulės energiją tiesioginiu būdu efektyvu, jei atsižvelgiama į tam tikras sąlygas:

1. optimali pastato orientacija – išilgai ašies rytai–vakarai su galimu 30° nukrypimu nuo jos;
2. 50–70 proc. visų pastato langų ir kitų skaidrių atitvarų projektuojama pietinėje namo pusėje, o šiaurinėje – ne daugiau nei 10 proc.;
3. pastatas turi būti gerai apšiltintas ir sandarus;
4. gyvenamosios patalpos išdėstomos pietinėje pusėje, pagalbinės – šiaurinėje;
5. vidinėms pertvaroms ir grindims reikalingos geros akumuliuojamosios savybės;
6. būtini šešėlių sudarantys pastato elementai ar kitos priemonės nuo perkaitimo vasarą (tam tikru atstumu pasodinti lapuočiai, žaliuzės, stogeliai ir kt.).

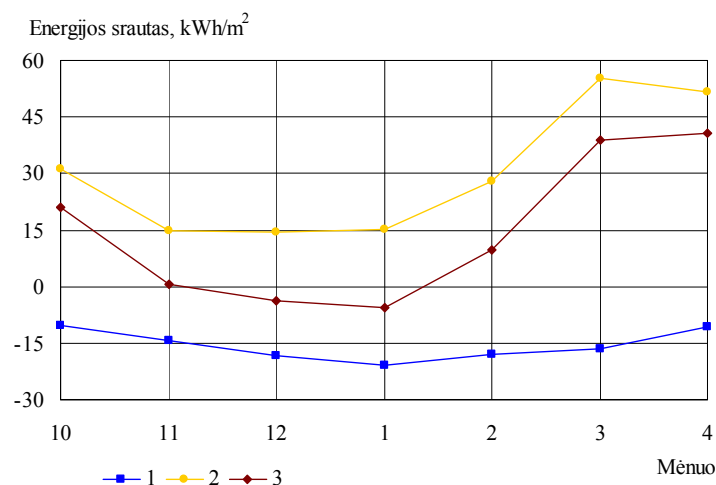
Į pastatą patenkantis energijos kiekis tiesiogiai priklauso nuo pietų pusėje esančių skaidrių atitvarų ploto. Svarbu tinkamai apskaičiuoti langų plotą ir išdėstymą, šilumą akumuliuojančios masės kiekį, kad būtų galima kaupti ir paskirstyti saulės energiją, tuo pat metu neperkaitinant pastato (4 pav.).

Virš pietinių langų svarbu įrengti stogelį arba padaryti platesnę pastogę (0,7–1,5 m pločio), kad vasarą susidarytų šešėlis, kai saulė kaitri ir pakyla aukštai virš horizonto (Lietuvoje birželio 22-osios vidurdienį ji pakyla beveik 60°), – taip patalpos neperkaista (4 pav.). Žiemą, kai saulė žemai (gruodžio 22 d. vidurdienį ji tepakyla iki 12°), stogelis netrukdo saulės spinduliams apšviesti patalpų vidaus. Spinduliai patenka į patalpas, apšviečia didelius grindų plotus, sienas, juos per dieną įšildo. Dalis spindulių atspindima nuo stiklo.

Jei daromi dideli langai rytų ar vakarų pusėje, energijos per juos gaunama kur kas mažiau, o stogelis neapsaugo nuo perkaitimo, nes vasarą ryte ir vakare saulė kaitri, jai kylant ar leidžiantis spinduliai apšviečia langus.



4 pav. Pietinis langas pasyviai saulės energiją naudojančiame name. 1. Langą pasiekiančių spindulių srautas. 2. Į pastato vidų patenkantys spinduliai. 3. Atspindėtas saulės energijos srautas.

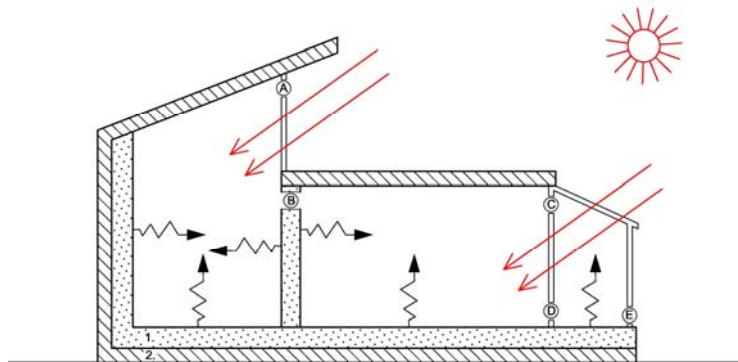


5 pav. Pro pietinius langus patenkanti saulės energija ir šilumos nuostoliai šildymo sezono mėnesiais (stiklo paketo šilumos perdavimo koeficientas yra 1,1 W/m²K, saulės energijos praleisties koeficientas – 0,75): 1. Nuostoliai pro langus. 2. Pro langus patenkanti saulės energija. 3. Pro langus gautas šilumos kiekis.

Pro pietinėje pusėje esančius langus šildymo sezono mėnesiais patenkanti saulės energija viršija šilumos nuostolius (5 pav.). Per šildymo sezoną gaunama virš 100 kWh šilumos pro 1 m² į pietų pusę nukreipto lango.

Šilumos akumuliacija

Norint pasiekti pasyvų šildymo efektą, reikia išlaikyti į pastatą patekusią saulės energiją jo viduje, todėl svarbus veiksnys yra šilumą akumuliuojanti masė. Energija yra perduodama šilumos laidumo, konvekcijos, spinduliavimo būdu arba šiais trimis būdais kartu. Šilumą akumuliuojantys elementai patalpose pakeičia šilumos pasiskirstymą: sumažėja temperatūros svyravimai, nes pirmiausia šiluma sukaupiama, ir tik atvėsus patalpų orui išspinduliuojama. Todėl efektyviau naudojama patekusi į pastatą saulės energija. Kai saulė tiesiogiai apšviečia pastato vidų, šiluma kaupiasi masyviose sienose, grindyse ar kituose elementuose, todėl temperatūra namo viduje nepakyla per daug. Kai saulė neapšviečia patalpų, ir oro temperatūra krinta, masyvūs elementai tampa šilumos šaltiniais (6 pav.).



6 pav. Patalpų šildymo ir vėdinimo sistema, naudojantis natūraliais procesais. A–E – ventiliacijos angos.

Optimaliam šilumą akumuliuojančiam elementui būdingas didelis tankis, geros šiluminės difuzijos savybės. Daugelio šilumą akumuliuojančių medžiagų veiksmingas storis svyruoja 10–20 cm.

Apsauga nuo perkaitimo, pasyvosios vėsinimo ir vėdinimo sistemos

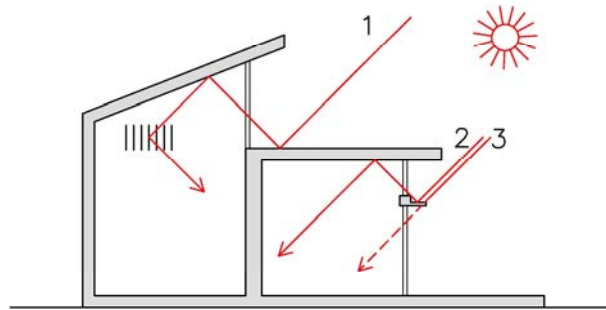
Saulės architektūra aprėpia ir kitokias priemones, dėl kurių suvartojama mažiau energijos ir pagerėja komfortas pastato viduje. Vėdinimo sistema gali veikti pasitelkiant natūralius procesus (8, 9 pav.), tokius kaip šilto oro kilimas į viršų ir dėl temperatūrų skirtumo padidėjusi konvekcija.

Tiesioginė saulės šviesa patalpose reikalinga: ji svarbi augti augalams, palaikyti mikrobiologinę pusiausvyrą, apšviesti interjerą – išryškėja tekstūros, spalvos, formos; tai erdvei suteikia gyvumo, realią ir dėl spinduliavimo subjektyviai jaučiamą šilumą žiemą.

Siekiant reguliuoti į pastatą pro langus patenkantį šilumos srautą, galima tam tikru būdu apželdinti sklępą. Visžaliai medžiai rekomenduotini pastato vakarinėje ir rytinėje pusėje, o pietinis langas neturėtų būti uždengtas žiemą, rudenį ir pavasarį, todėl pietinėje pastato pusėje labiau tinka lapuočiai.

Apsauga nuo saulės spindulių pertekliaus šiltuoju metų laikotarpiu naudojant išorinius stogelius, langines, markizes arba priemones patalpų viduje (7 pav.) yra vienas pasyviojo vėsinimo būdų, dėl kurio sunaudojama mažiau elektros energijos. Suderinus natūralaus apšvietimo naudojimą (10–12 pav.) ir šešėlio valdymo būdus galima pagerinti patalpų mikroklimatą, sukurti

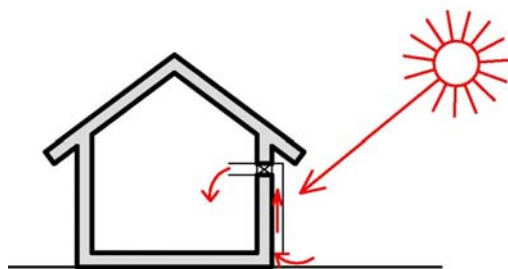
pastovesnį apšvietimą darbo vietose dieną ir taip padidinti darbo našumą. Šie pastato komponentai svarbūs norint kontroliuoti saulės spindulių patekimą į pastato vidų. Jie gali būti laikini, naudojami sezoniškai, arba stabilūs pastato elementai. Šie elementai gali būti suprojektuoti siekiant skirtingų tikslų – perskirstyti šviesos srautą arba jį atspindėti.



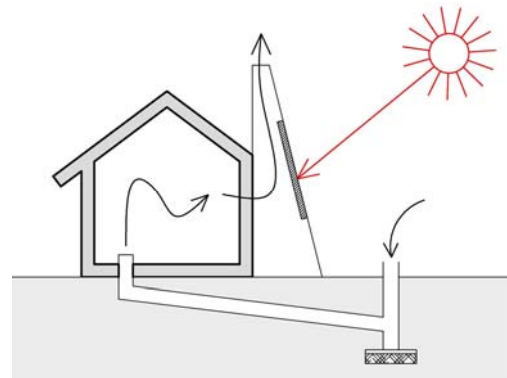
7 pav. Saulės energijos srauto nukreipimas ir paskirstymas. 1. Atspindėję nuo stogo ir pastogės, spinduliai išsklaidomi. 2. Stogelis atspindi spindulius. 3. Stogelis praleidžia dalį spindulių.

Užuolaidos ir žaliuzės, naudojamos šildymo sezonu naktį, gali sumažinti šilumos nuostolius, nes sudaro buferines zonas, papildomą šilumos izoliacijos sluoksnį.

Projektuojant pastatą galima numatyti, kad saulės spinduliai ar vėjas būtų naudojami oro srautui vėdinimo sistemoje padidinti: tam taikomas saulės sienos principas, saulės kaminas, kt. (8, 9 pav.).



8 pav. Saulės siena.



9 pav. Saulės kaminas.

Saulės siena žiemą yra vėdinimo sistemos dalis, o vasarą ji gali pagerinti pastato vėsinimą, nes angos atidaromos pastogėje, ir šiltas oras šalinamas į lauką. Žiemą saulės sienos konstrukcijoje įkaitęs oras dirbant ventiliatoriui tiekiamas į vėdinimo sistemos ortakius. Daugiausia saulės sienos sistemų įrengta JAV ir Kanadoje, jų yra ir Europos šalyse. Saulės siena gali būti sukomplektuota su saulės kolektoriais bei fotoelementais. Kaip teigia gamintojai, tai bene greičiausiai atsiperkanti saulės energiją naudojanti priemonė.

Saulės kaminas veikia panašiai kaip saulės siena. Tai taip pat yra pastato elementas, suprojektuotas taip, kad kuo labiau išiltų jame esantis oras. Kaminas yra aukštesnis už pastatą, siauras, todėl įkaitęs oras natūraliai kyla į viršų, pagerindamas trauką. Saulės kaminas gali būti įvairių formų, pagamintas iš įvairių medžiagų. Jis nukreipiamas į saulėtą pastato pusę. Tokios

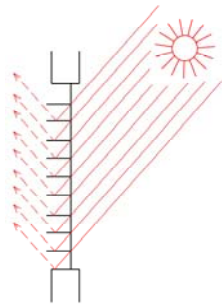
sistemos aktyviai tyrinėjamos ir taikomos Didžiojoje Britanijoje, Čekijoje, kitose šalyse. Jos naudojamos daugiabučiuose, visuomeniniuose, administraciniuose pastatuose.

Natūralaus apšvietimo naudojimas

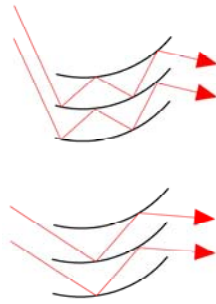
Nors tamsūs paviršiai geriau akumuliuoja šilumą, nerekomenduojama patalpų vidaus dažyti tamsia spalva, nebent atskiras nedideles interjero detales, nes taip sumažėja šviesos ir padidėja elektros energijos sąnaudos. Optimalus natūralaus apšvietimo naudojimas gali padidinti ir darbingumą, komfortą, pakelti nuotaiką. Siekiant didžiausios naudos, atsižvelgiama į tam tikrus patalpų išdėstymo principus. Individualiuose namuose rekomenduojama svetainę įrengti pietų ar pietvakarių pusėje, virtuvei tinka rytai (nerekomenduojama pietinė pusė, nes virtuvėje paprastai būna šilčiau), pagalbines patalpas – sandėliukus, laiptines, koridorius siūloma įrengti šiaurinėje pastato pusėje.

Jeigu reikia nuolatinės išsklaidytos šviesos, labiausiai tinka šiaurinė pastato ar patalpos pusė, bet šviesos šaltinis, panaudojus šviesą nukreipiančius elementus, gali būti ir pietiniai langai.

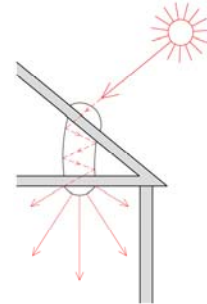
Naudojant įvairius atspindinčio paviršiaus stogelius, išorines, vidines žaliuzes, prizmes patalpose galima geriau paskirstyti šviesą (7, 10–12 pav.).



10 pav. Tiesioginę šviesą išsklaidančios horizontalės.



11 pav. Šviesą paskirstančios prizmės.



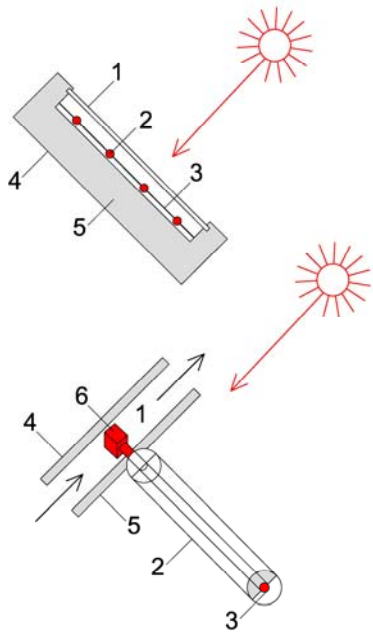
12 pav. Šviesos vamzdis.

Saulės kolektoriai

Saulės spindulių energija kolektoriuose transformuojama į šilumą, ją į šildymo sistemą perneša šilumos nešėjas (tai gali būti oras, vanduo ar kitas skystis). Saulės šilumą galima panaudoti vandeniui, baseinams ar patalpoms šildyti.

Labiausiai paplitę plokštieji kolektoriai (13 pav. viršuje) sudaryti iš absorberio, sugėriantį saulės energiją, vamzdelių, kuriais teka šilumos nešėjas. Absorberis įtaisytas į apšiltintą dėžę skaidriu paviršiumi (dažniausiai stikliniu), pro jį patenka saulės spinduliai. Tarp absorberio ir šilumą akumuliuojančios talpos cirkuliuoja vandens ir aplinkai nepavojingo antifrizo mišinys. Paprastai saulės kolektoriuose yra temperatūros matuoklis. Kai skysčio temperatūra kolektoriuje tampa didesnė už vandens temperatūrą akumuliacinėje talpoje, reguliatorius įjungia cirkuliacinį siurblį, ir šilumos nešėjas pradeda cirkuliuoti sistemoje.

Plokštieji kolektoriai gali būti dedami ant stogo, žemės, kabinami ant sienos. Kiekvieną plokščiojo kolektoriaus elementą galima tobulinti, siekiant didesnio įrenginio našumo. Svarbu absorbcijos, stiklo visuminės saulės energijos praleisties (naudojamas mažai geležies turintis stiklas), vamzdžių šilumos laidumo koeficientai ir kiti veiksniai.



13 pav. Viršuje – plokščiasis kolektorius: 1) stiklas; 2) vamzdis; 3) absorberis; 4) rėmas; 5) šilumos izoliacija; apačioje – vakuuminis kolektorius: 1) šilumos nešėjas; 2) vamzdis ir absorberis; 3) lengvai garuojantis skystis vidiniame vamzdelyje; 4) šilumos izoliacija; 5) apšiltintas šilumą surenkantis vamzdis; 6) šilumokaitis.

Siekiant sumažinti šilumos nuostolius dėl konvekcijos kolektoriaus viduje, buvo sukurti vakuuminiai kolektorai. Vakuuminiame kolektoriuje (13 pav. apačioje) absorberis įdėtas į spaudimui atsparų stiklinį vamzdį, iš kurio išsiurbtas oras. Tai vakuumo kolba (vamzdis), panaši į termosą. Išorinis selektyvinis boro silikato stiklas, kaip ir langų paketuose, įleidžia platų saulės šviesos spektrą ir sulaiko šilumą. Vidinė tokio vamzdžio kolba padengta specialiomis juodomis absorbuojamosiomis dangomis, kad sugertų visą saulės šviesos spektrą ir paverstų jį šiluma. Vamzdžiai tarpusavyje sujungiami viršutine dalimi. Vakuuminiai saulės kolektorai būna kelių rūšių, atsižvelgiant į tai, koku būdu saulės energija perduodama šilumos nešėjui. Labiausiai skiriasi šių modifikacijų montavimo ir vamzdžių sujungimo ypatybės.

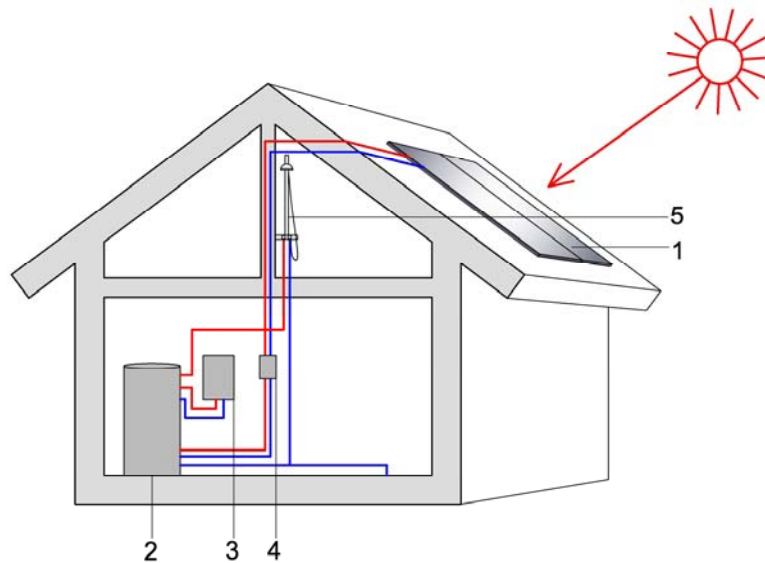
Kartais naudojamas saulės spindulius koncentruojantis veidrodinis reflektorius, bet dėl jo vakuuminio kolektoriaus konstrukcija yra brangesnė, kartais ji sukelia sunkumų pučiant vėjui (veikia kaip burė), o tą patį efektą galima pasiekti sumontavus daugiau kolektoriaus vamzdžių (24 vamzdžiai be reflektoriaus veiks taip pat kaip 20 su reflektoriumi).

Vakuuminio kolektoriaus vidiniame vamzdyje yra specialus žemoje temperatūroje lengvai garuojantis skystis. Pašvietus saulei ir didėjant temperatūrai, garai kyla į šilumokaitį, o šis atiduoda šilumą šilumos nešėjui ir atvėsta. Tada garai kondensuojasi ir suteka į vamzdžio apačią. Šiuose kolektoriuose pasiekama didesnė temperatūra nei plokščiuosiuose, jie yra veiksmingesni, bet brangesni. Kai kurie vakuuminiai kolektorai veiksmingai veikia ir ūkanotomis dienomis, tinka ir patalpų šildymo sistemose. Kai kurių vakuuminių kolektorių vamzdžių kiekį galima lengvai padidinti jau pradėjus eksploatuoti sistemą.

Yra ir bestiklių saulės kolektorių: jie pagaminti iš juodų polimero vamzdžių, yra palyginti pigūs ir naudojami tik vasarą. Jais dažniausiai šildomas baseinų vanduo.

Vakuuminių kolektorių kainos 2008 m. svyravo nuo 700 iki 2 000 Lt/m², plokštieji kolektorai kainavo 500–900 Lt/m². Saulės šiluminės energijos kaina – 0,13–0,50 Lt/kWh.

Saulės kolektorai gali būti skirti tik vandeniui, tik patalpoms šildyti arba naudojami abiem atvejais.



14 pav. Karšto vandens ruošimo sistema: 1) saulės kolektorius; 2) tūrinė vandens talpa; 3) papildomas šildytuvas; 4) siurblys; 5) dušas.

Karšto vandens ruošimo sistemą (14 pav.) sudaro saulės kolektorius, akumuliacinė talpa, vamzdynas, siurbliai, regulatoriai, davikliai, papildomo šildymo įrenginiai, kt., ji komplektuojama atsižvelgiant į poreikius ir paskirtį, nes geras saulės kolektorius dar nereiškia gero visos sistemos darbo. Kad karšto vandens ruošimo sistema būtų veiksminga, svarbu tinkamai įvertinti karšto vandens poreikius. Jei skaičiuojama, kad vienas žmogus naudoja apie 50 l karšto vandens per dieną, vienam žmogui reikia apie 1,2–1,5 m² saulės kolektorių.

Akumuliacinės talpos paskirtis – sukaupti šilumą, kad karšto vandens užtektų kelioms dienoms (vasarą), todėl jos tūris yra 1,5–2 kartus didesnis nei vienos dienos poreikis (75–100 litrų vienam žmogui). Svarbu išigyti talpą, tinkančią saulės kolektorių sistemoje: daugelyje buitinių tūrinių vandens šildytuvų įmontuota emaliuota spiralė su storu vamzdžiu, turinti tik kelias vijas. Tokio tipo šilumokaičiai skirti prijungti katilus, bet ne saulės kolektorius. Vandens šildytuvuose naudingiausia turėti kelias spirales-šilumokaičius, kad būtų galima pajungti ir biomasės, ir kitokį katilą ar elektrą. Sistemai gali turėti įtakos ir vandens kokybė: jeigu vanduo kietas, per metus vandens talpoje gali susikaupti daug nuosėdų; tai komplikuoja šilumos mainus, todėl rekomenduojama naudoti vandens filtrus arba šildytuvą, kurį galima išvalyti.

Tinkama vieta, skirta išdėstyti saulės kolektorius – stogo šlaitas, nukreiptas į pietų pusę (+ / - 30°). Stogo nuolydis gali būti 40–60°, – tai lemia šilumos gamybą skirtingais sezonais – kuo lėkštesnis, tuo daugiau šilumos bus pagaminama vasarą. Jei stogas plokščias, naudojami specialūs padėklai, pakeliantys kolektorius reikiamu kampu. Kai kurių vakuuminių kolektorių vamzdžius su absorbuojamuoju paviršiumi galima lengvai sukinėti pagal saulę, net jei netinkamas stogo nuolydis.

Praktinė patirtis Lietuvoje ir kitose Europos šalyse parodė, kad naudojant saulės kolektorius galima patenkinti apie 50 proc. karšto vandens poreikio per metus. Žiemą paruošti 100 proc. karšto vandens iš saulės mūsų platumose kol kas sudėtinga. Gerai, kai 100 proc. karšto vandens paruošiama vasarą, to siekiant dažniausiai ir parenkamos atskiros sistemos dalys. Tačiau jau yra pavyzdžių ir Lietuvoje, kai saulės kolektoriai naudojami ne tik karštam vandeniui ruošti, bet ir patalpoms šildyti. Tokiu atveju kolektorių plotas yra didesnis, o karšto vandens perteklius vasarą panaudojamas šildyti baseinui arba tiekiamas kaimynams.

Saulės šilumos energija sėkmingai naudojama šiuolaikiniuose pastatuose panašiomis į Lietuvos klimato sąlygoms. Pavyzdžiui, 1960 m. statyto daugiabučio namo Noršiopingo mieste (Švedija) gyventojai, po remonto 50 proc. vandeniui šildyti reikalingos energijos gauna iš 93 m² ploto saulės kolektorių, įtaisytų ant pastato stogo.

Saulės kolektoriai naudojami ir centralizuoto šilumos tiekimo sistemose. Gyvenvietėje netoli Geteborgo (Švedija) stovi 2003 m. buvusi didžiausia Europoje 10 000 m² saulės šilumos jėgainė, kurią sudaro 800 vnt. 12,5 m² ploto kolektorių (15 pav.). Siekta, kad per metus saulės kolektorių laukas pagamintų 4 proc. (apie 3,5 GWh) visos gyvenvietei reikalingos šiluminės energijos.



15 pav. Saulės kolektorių laukas Geteborgo priemiestyje (Švedija).

Fotoelektra

Saulės fotoelementas – tai prietaisas, kuris saulės šviesos energiją paverčia elektros energija. Fotoelementų gamybai naudojami puslaidininkiai (90 proc. visų rinkos saulės fotoelementų pagrindinė medžiaga – silicis).

Fotoelemento darbui įtakos turi saulės spindulių kritimo kampas, saulės intensyvumas, aplinkos temperatūra. Šiuo metu fotoelementų naudingumo koeficientas svyruoja apie 15 proc., laboratorijose pasiekti 50 ir daugiau procentų. Didėjant temperatūrai, fotoelemento naudingumo koeficientas mažėja, todėl gaminami kombinuoti šiluminės ir elektros energijos gamybos įrenginiai, kai perteklinė temperatūra perduodama šilumos nešėjui saulės kolektoriuje. Yra ir trigubo veikimo technologijų, kai kompleksą papildo vėdinimo įrenginys.

Fotoelementai veikia ne tik esant giedram orui, bet ir kai debesuota. Kai apniukę, energijos pagaminama mažiau. Lietuvoje saulės nėra tiek daug kaip Afrikoje ar pietinėse Europos valstybėse, bet jau yra vietovių, kur fotoelektra – viena alternatyvų (žmonės įsikūrę ten, kur nepasiekia elektros perdavimo linijos). Fotoelementai patogūs naudoti, nes yra palyginti lengvi, neužima daug vietos, juose nėra besisukančių, triukšmą keliančių dalių. Individualioms reikmėms naudojamų nedidelių fotoelementų montavimo nereikia suderinti su savivaldybe ar kitomis institucijomis, nes jie gali būti sumontuoti ant stogo, sienų ir derėti prie aplinkos (16 pav.).

Šiuo metu gaminami iš dalies užtamsinti stiklai su įmontuotais fotoelementais (17 pav.); yra stiklų, kuriuose fotoelektros efektas įsijungia arba nustoja veikti, reaguodamas į saulės spindulių srautą, apšviečiantį langą. Yra ir pastatus įtaisytų sistemų: pavyzdžiui, fotoelementų stogo danga, – taip siekiama sumažinti bendrą statybos kainą.



16 pav. Fotoelementai ant stogų.

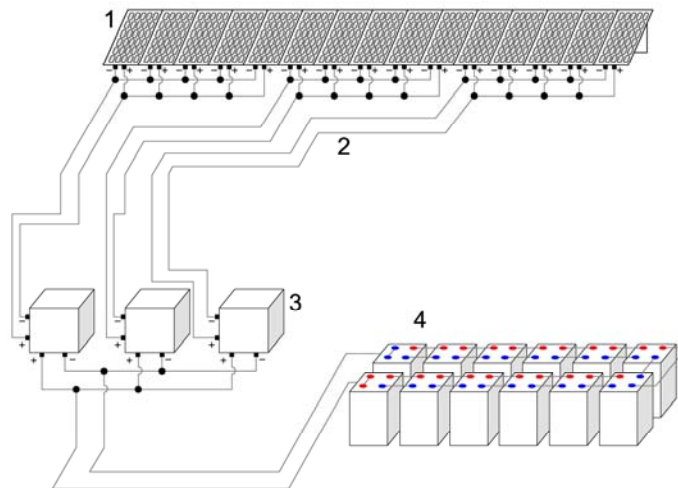


17 pav. Iš dalies užtamsinti stiklai su įmontuotais fotoelementais.



18 pav. Fotoelementų modulis ant daugiabučio namo.

Vilniuje galime pamatyti pavienių saulės energiją naudojančių pavyzdžių. Viename daugiabučiame name įrengtas 12 W galingumo saulės fotoelementų modulis (18 pav.), kurio gaminama elektra apšviečiamas sanitarinis vieno buto mazgas, energija naudojama veikti laikrodžiams bei radijo aparatui.



19 pav. Autonominės saulės elektrinės schema. 1. Fotoelementų modulių blokas. 2. Variniai, lankstūs laidai. 3. Valdikliai, keitikliai, komutatoriai. 4. Akumuliatorių baterija. E. Žilinsko pav.

Gaminant elektrą autonominėse vėjo ar saulės jėgainėse (19 pav.) svarbu ne tik fotoelementų ar vėjo generatoriaus galingumas, bet ir akumuliatorių talpa, nes jei akumuliatorių yra per mažai, jėgainė dirba be jokios naudos. Tokia situacija gali susidaryti, kai gyventojai išvykę ar naudoja mažiau energijos nei pagamina jėgainė.

Saulės energijos naudojimo pastatuose praktiniai pavyzdžiai

Pastatai be šildymo sistemų

Švedijoje, 20 km už Geteborgo, 2 km nuo jūros, šalia ąžuolų parko Lindaso miestelyje, 2001 m. pastatyti socialiai remtiniams žmonėms skirti kotedžai (20, 21 pav.), kuriuose nėra įrengta šildymo sistema. Vieno buto vertė su žeme 2003 m. buvo 200 000 eurų, tai yra nedidesnė nei kitų šiuolaikinių butų, nes papildoma šiltinamoji medžiaga (šiuo atveju naudotos nenatūralios medžiagos), kokybiškesni langai ir prietaisai kainavo panašiai kaip šildymo sistema (kainuojanti apie 4 000 eurų) – jos šiuose butuose nereikia.



20 pav. Kotedžai be šildymo sistemų netoli Geteborgo, Švedijoje.



21 pav. Pietinis kotedžo fasadas.

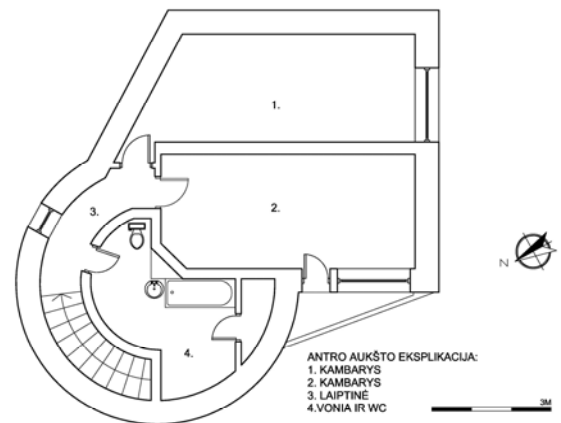
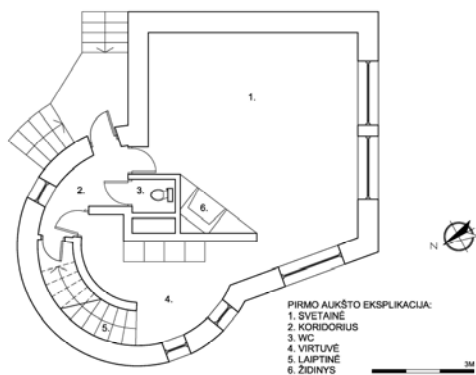
Pastatas šildomas saulės energija, patenkančia pro pietinius langus ir šilumine energija, išskiriama žmonių kūnų bei elektros prietaisų (apšvietimo ir kiti buitiniai prietaisai viename bute išskiria 2 900 kWh per metus, žmonės – 1 200 kWh per metus). Tokio nedidelio kiekio energijos pakanka, nes pastatas gerai apšiltintas (U_{sienu} = 0,10 W/(m²·K), U_{stogo} = 0,08 W/(m²·K), U_{pamatu} = 0,09 W/(m²·K), U_{langu} = 0,85 W/(m²·K), $U_{lauko duru}$ = 0,80 W/(m²·K)), žiemą naudojama šilumogražos sistema.

50 proc. karšto vandens paruošiama saulės kolektoriuose (5 m², 500 l akumuliacinė talpa, papildomai šildoma elektra).

Po kelerius metus trukusio monitoringo nustatyta, kad vieno 125 m² šildomojo ploto buto bendras energijos poreikis per metus yra 5 400 kWh, arba mažiau nei 42 kWh/m² (elektros sunaudojimas buities prietaisams – 2 900 kWh, vandeniui šildyti – 1 500 kWh, siurbliams, ventiliatoriams, kt. – 1 000 kWh).

Saulės architektūros principų taikymas vienučiame name Vilniaus rajone

Vienos šeimos 120 m² naudingojo ploto namas Vilniaus rajone projektuotas taip, kad naudotų saulės energiją tiesioginiu pasyviuoju būdu – pro langus. Pastato forma pasirinkta siekiant sumažinti šiaurinės sienos šilumos nuostolius. Pastato šiaurinėje dalyje yra laiptinė (į antrą aukštą ir į rūsi), šiaurės rytinėje (pirmame aukšte) – prieškambaris. Gyvenamieji kambariai suprojektuoti pietinėje pastato pusėje, kad būtų šildomi saulės (22, 23 pav.). Virtuvė įrengta vakarinėje pastato dalyje (langai nukreipti į pietvakarius ir vakarus), bet joje nebūna per karšta, nes erdvė atvira, ir šiltas oras laiptine kyla į antrą aukštą, o šilumos perteklių galima išvėdinti pro nedidelį langelį (anga – 0,16 m², stiklo plotas – 0,09 m²), esantį laiptinės gale antrame aukšte. Į pietus (apie 10° nukrypta nuo tikslios pusės), pietvakarius ir pietryčius iš viso nukreipta 9 m² skaidrių atitvarų, tai sudaro 60 proc. viso įstiklinto ploto, šiaurinėje namo pusėje nėra nei langų, nei durų (2 lentelė, 24, 25 pav.).



22 pav. Pirmo aukšto planas.

23 pav. Antro aukšto planas.

2 lentelė. Skaidrių atitvarų kryptis

Skaidrių atitvarų kryptis	Įstiklintas plotas, m ²
Pietūs	6,4
Pietryčiai (stoglangiai)	0,8
Pietvakariai	0,5
Pietvakariai (stoglangiai)	1,3
Vakarai	5,4
Šiaurės rytai	0,6

Name yra įrengtas kietojo kuro katilas, per šildymo sezoną karštam vandeniui ir šilumai gaminti naudojamos ažuolinės malkos. Kai katilas nenaudojamas, vanduo šildomas elektra.

Namą pradėjus eksploatuoti paaiškėjo, kad jis šildomas kur kas mažiau nei aplinkiniai namai. Empiriškai galima įvertinti, kad apie 30 proc. šilumos gaunama iš saulės. Žiemą dažniausiai kūrenama kas vakarą arba kas kelias dienas, rudenį ir pavasarį – keliskart per savaitę: tai priklauso nuo to, ar dienos saulėtos, ar apniukusios. Žiemą lauke esant $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ temperatūrai, bet šviečiant saulei, patalpose pakankama temperatūra – $19\text{--}22\text{ }^{\circ}\text{C}$. Šiuo atveju negalima pasakyti, kad šildymo sezonas labai sutrumpėja, nes spalį ir balandį 3–5 kartus per mėn. vis tiek būtina užkurti katilą. Tačiau šildyti reikia kur kas rečiau. Jeigu pastatas būtų šiltesnis (dabar suminė sienų varža yra $3\text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$), saulės energijos dalis padidėtų nepakeitus skaidrių atitvarų ploto (dėl sumažėjusių šilumos nuostolių per sienas). Per sezoną šildymui ir karšto vandens ruošimui sunaudojama apie 8 m^3 ažuolinių malkų.



24 pav. Šiaurės rytų ir rytinė pastato pusė.



25 pav. Į šiaurę nukreipta apvalioji pastato pusė, ten langų nėra; medžiai meta šešėlį ant vakarinių langų.

Paruošta vieta saulės kolektoriams ant pietinio pastato fasado įrengti (26 pav.). Stogas šiuo tikslu netinka, nes yra lėkštas, ir jo nuolydis nukreiptas į pietryčius bei pietvakarius. Tai yra nepatogi stogo padėtis, turint omenyje ir stoglangius: jeigu stogo šlaitai būtų statesni, stoglangiai daugiau saulės šilumos įleistų rudenį, pavasarį ir žiemą. Dabar jie praleidžia daug saulės šilumos vasarą, todėl vienas kambarys (pietrytinis), dieną neuždengus stoglangio, perkaista. Šiame name stoglangiai montuoti tam, kad būtų daugiau natūralaus apšvietimo (stoglangiai praleidžia kur kas daugiau šviesos nei langai). Tačiau juos sunku uždengti iš pastato išorės, taigi pietryčių ir pietvakarių pusėse esantys stoglangiai gali kelti rūpesčių vasarą. Be to, kelias dienas žiemą jie būna apsnigti ir praleidžia mažai šviesos.

Pastatas vėdinamas atidarius langus ir per ventiliacijos kanalą. Taip netenkama dalies šilumos žiemą. Vasarą labai gerai funkcionuoja šiaurės rytų pusėje esantis antro aukšto langas, pro kurį nuolat nesukeldamas skersvėjo išeina šiltas oras.



26 pav. Pietiniai langai, virš jų bus montuojami saulės kolektoriams vandeniui šildyti.

Dienos šviesa naudojama gana gerai, tik trūksta rytinių langų – gyvenant name paaiškėjo, kad pailgas horizontalios padėties rytinis langas (24 pav., siena be langų), įdėtas viršutinėje pirmo aukšto sienos dalyje, suteiktų dar daugiau jaukumo ir šilumos (jis būtų nukreiptas šiek tiek į pietryčius, neužstotas medžių).

Vasarą pastatas neperkaista, nors virš pietinių langų specialiai nėra nieko sumontuota, šešėlį meta tik lango anga (26 pav.). Užolaidos dieną reikalingos 1–2 savaites per metus – liepos arba rugpjūčio mėn.

Pastato orientavimas pasaulio šalių kryptimis nepareikalavo jokių papildomų investicijų, o teikiama nauda akivaizdi – sutaupoma lėšų, skirtų patalpoms šildyti, saulėtame pastate jauku. Mažiau kūrenant saugoma gamta ir žmonių sveikata, nes net kūrenant malkomis, ypač senuose katiluose, gyvenvietėse susidaro smogas, tvyro blogas kvapas.

Plokščiųjų saulės kolektorių naudojimo patirtis Vilniaus mieste

SOS vaikų kaime Vilniuje (27 pav.) daugiau nei šešis mėnesius per metus vanduo yra šildomas ant stogų įrengtuose saulės kolektoriuose. Sistema veikia jau daugiau nei dešimtmetį; naudojant šią sistemą reikia pirkti mažiau kuro. Pagal vokiečių architekto projektą, finansuojant Suomijos organizacijai, Vilniuje, Šeškinėje, buvo pastatyta 12 šeimyninių namų. Devynių pastatų stogų šlaitai nukreipti į pietus ir šiaurę (28 pav.), trijų – į rytus ir vakarus (29 pav.). 8 m² ploto saulės kolektoriai sumontuoti ant pietinių stogų šlaitų (28, 30 pav.). Devyniuose namuose kolektoriai nuokovo vidurio iki spalio vidurio naudojami karštam vandeniui ruošti, o kartais, esant saulėtam orui, įjungiami ir žiemą. Papildomai vanduo pašildomas dujomis. Pastatuose, orientuotuose į rytus ir vakarus, yra tik dujinis katilas.



27 pav. SOS vaikų kaimas Vilniuje.



28 pav. Devynių pastatų stogų šlaitai nukreipti į pietus ir šiaurę.



29 pav. Keliuose namuose saulės kolektoriai neįrengti.

Patirtis parodė, kad namuose su saulės kolektoriais vasarą 1 m³ karšto vandens (50 °C temperatūros) paruošti sunaudojama apie 3 m³ dujų, pastatuose be saulės kolektorių dujų sunaudojama dukart daugiau – apie 6 m³. Pavasarį ir rudenį saulės energija pakeičia apie 2 m³ dujų.

Saulės kolektoriai veikia ir ūkanotomis dienomis: lauke esant 18 °C temperatūrai, skystis kolektoriuje įkaista iki 35–40 °C. Vasarą, kai gyventojai išvažiuoja ir vanduo nenaudojamas, jo temperatūra pakyla net iki 90 °C.

Rugsėjo mėn. 9 val. ryto, kai lauke buvo 10 °C šilumos, kolektoriuje vanduo sušilo iki 14 °C, o akumuliacinėje saulės šildymo sistemos talpoje vandens temperatūra siekė 18 °C (vandentiekio vandens temperatūra yra apie 7 °C). Iš šios talpos vanduo elektriniu siurbliu pumpuojamas į dujinio šildymo katilą ir ten kaitinamas iki 50 °C temperatūros.



30 pav. Saulės kolektoriai sumontuoti ant stogų pietinių šlaitų.

Pasak SOS vaikų kaimelio ūkio vedėjo, saulės kolektorių eksploatacija yra labai paprasta: kartkartėmis vamzdyne reikia tik papildyti neužšalantį skystį, jis uždaru kontūru cirkuliuoja tarp ant stogo esančio kolektoriaus ir akumuliacinės vandens talpos, sumontuotos katilinėje.

Namas Kauno rajone, apsirūpinantis vietine energija

Kauno mieste yra gyvenamasis namas (31 pav.), kuris apsirūpina vietine energija (energija, gaminama namo teritorijoje), o dalį šilumos tiekia kitam namui. Pastato naudingasis plotas – 140 m², jame gyvena keturi žmonės.

Vanduo šildomas 4 m² saulės kolektorių (300 l akumuliacinė talpa, palaikoma vandens temperatūra – 40–50 °C), neseniai įrengtas šilumos siurblys. 1,5 m gylyje išvedžiota 200 m vamzdžių, bet reikėjo daugiau – bent 400 m (tai apribojo sklypo plotas). Pastate yra ir iš pramoninių kompresorių šeimininko pagamintas orinis šilumos siurblys, paprastai naudojamas vaikų kambariams vėsinti, ir biokuro katilas, reikalingas esant labai žemai lauko temperatūrai žiemą.



31 pav. Saulės kolektoriai ir fotoelementai, sumontuoti ant stogo.



32.pav. Vėjo jėgainė pastatyta sode, visai šalia namo.



33 pav. Šalia laiptinės įrengta elektrinės valdymo bazė.

Elektrą generuoja 3 kWp galingumo saulės ir 2,5–3,0 kW galingumo vėjo jėgainės (31–33 pav.). Pagaminama apie 400 kWh/mėn., – to pakanka pastato gyventojų poreikiams patenkinti. Buitinė technika – A klasės, siekiant sumažinti energijos poreikius. Yra skalbyklė, elektrinė viryklė, kiti buityje naudojami prietaisai.

Saulės fotoelementai eksploatuojami jau metus. Patirtis parodė, kad gruodį ir sausį elektros pagaminama labai mažai. Dabar šį trūkumą turėtų kompensuoti vėjo jėgainė. Bendra mikroelektrinės kaina – apie 150 000 Lt, nors, pavyzdžiui, vėjo jėgainė kainavo 30 000 Lt. Pastatas prijungtas prie elektros tinklų, bet šiuo metu elektros tinklų elektra naudojama tik statybos darbams, pavyzdžiui, suvirinimo aparatui, nes jam reikia labai galingo trifazio įvado.

Į klausimą, ar atsipirks investicija, šeimininkas atsako, kad jo tikslas buvo apsirūpinti vietine energija, o finansinis klausimas yra ne toks svarbus.

Sukauptos augaluose saulės energijos naudojimas kuro arba statybinių medžiagų gamybai

Augalai augdami naudoja saulės energiją ir sukaupia ją savo biomasėje.

Biomasė Lietuvoje yra tradicinis kuras. 2007 m. labiausiai iš atsinaujinančių išteklių naudojamos malkos ir medienos atliekos sudarė 92,2 proc. Medienos kuro poreikis Lietuvoje vis didėja, bet esamas šalyje potencialas – ribotas, todėl ypač svarbu tinkamai naudoti dabar turimus išteklius ir plėtoti žemės ūkio atliekų (šiaudai, spaliai, daugiametės žolės, kt.) bei kitų biomasės rūšių naudojimą. Lietuvoje dirvonojantys žemių plotai ir pakelės gali būti naudojami norint auginti greitai augančius energetinius augalus. Biomasė turi privalumų, palyginti su kitais ištekliais: nedidelės paruošimo sąnaudos; ištekliai mažai priklauso nuo trumpalaikių oro permainų;

energetinių augalų plantacijos, greitai augantys medžiai (pavyzdžiui, drebulės), skirti malkoms ruošti, gali būti auginami netoli pastatų.

Iš biomasės paruoštas kietasis (malkos, granulės, energetinė skiedra, briketai, šiaudų ritiniai, kt., žr. 34–37 pav.) biokuras naudojamas įvairios paskirties pastatų, centralizuoto šilumos tiekimo sistemų katilinėse.

Kietojo kuro katilai būna pritaikyti konkrečiam vienos rūšies (pavyzdžiui, labai efektyvūs medienos granuliu katilai) arba kelių rūšių kurui (universalesni, tačiau jų naudingumo koeficientas mažesnis). Neefektyvius senos gamybos katilus (naudingumo koeficientas – iki 60 proc.) rinkoje išstumia naujosios kartos katilai (naudingumo koeficientas – daugiau nei 80 proc., atskirais atvejais – daugiau nei 90 proc.). Senosios kartos katiluose yra komplikotas oro tiekimo, degimo proceso valdymas, todėl kuras sudega ne iki galo, jo sunaudojama daugiau, labiau teršiama aplinka. Naujosios kartos katiluose yra reguliuojamas oro padavimas, valdomas degimo procesas, kuras sudega geriau, katilo darbas yra saugesnis, jį reikia mažiau prižiūrėti. Yra įvairių katilų, besiskiriančių savo konstrukcija, veikimo principu, efektyvumu, patogumu naudoti: dujų generacijos kietojo kuro katilai (sudeginamos ir degimo procese išsiskyrusios dujos, 38 pav.), žvakės tipo (degimas vyksta katilo viršuje), apatinio degimo, tiesioginio degimo, granuliniai katilai (39 pav.) ir kitokie.



34 pav. Javų šiaudų (kairėje) ir medienos (dešinėje) granulės.



35 pav. Šiaudų briketas.



36 pav. Medienos skiedros ir žirnių stiebų granulės.



37 pav. Spalių granulės, gluosnio malka (kairėje), šiaudų briketai (viršuje ir dešinėje).

Granuliniai katilai išsiskiria tuo, kad turi kuro talpas, kurios užpildomos kelis kartus per šildymo sezoną ar per mėnesį, savaitę (priklauso nuo talpos dydžio), veikia automatiškai, yra labai efektyvūs, juose lieka nedaug pelenų – tai leidžia išvengti nuolatinio rūpesčio katilu. Automatinis granuliu katilo kūrenimo proceso valdymas toks pat patogus kaip ir dujinio ar skystojo kuro katilo, galimumas lengvai reguliuojamas 30–100 proc. šiluminės galios intervalu, priežiūra paprasta.

Granulės būna 6–20 mm skersmens, iki 25 mm ilgio. Jos gaminamos iš javų, rapsų šiaudų, spalių, lukštų, baldų pramonės, kitų medienos atliekų. Gamybai nenaudojami cheminiai priedai ar klijai. Energetinė granulių vertė yra apie 17–19 MJ/kg. Jos būna supakuotos po 15, 20, 25 kg ar maišuose iki 1 t. Lietuvoje granules gamina daugiau nei 20 įmonių. Granules paprasta perpilti į talpas, transportuoti. Patalpos, kuriose laikomos granulės, turi būti sausos.

Medienos ar žemės ūkio atliekų granulių gamyba yra labai perspektyvi, nes šie ištekliai nuolat atsinaujina. Yra ir universalesnių katilų, kuriuose gali būti naudojamos ir malkos, ir įvairių rūšių granulės.



38 pav. Dujų generacijos kietojo kuro katilas.



39 pav. Granulių katilas ir kuro talpa. UAB *Energijos parkas* nuotr.

Efektyvus biokuro naudojimas priklauso nuo kuro ir katilo kokybės. Kietasis biokuras yra sudeginamas; pirmiausia išgarinama drėgmė (tam sunaudojama dalis energijos), todėl svarbu, kad kietasis biokuras būtų kuo sausesnis (pavyzdžiui, granulių drėgnis negali viršyti 10 proc., kai kuriuose katiluose galima naudoti dvejus metus džiovintas malkas). Kūrenant dalis šilumos „išeina“ pro kaminą, todėl atnaujinant katilinę svarbu apsvaistyti ir galimybę įsigyti specialų šilumokaitį, skirtą panaudoti dūmų šilumą.

Židinyje pastate gali atlikti ne tik estetinę funkciją ir šildyti spinduliniu būdu, bet ir tiekti šilumą į šildymo sistemą, jei aplink židinio kapsulę yra išvedžiotas šilumokaitis arba įrengti ortakiai. Tarp židinio ir dūmtraukio sumontavus šilumokaitį galima atgauti dalį dūmuose esančios šilumos. Židinyje, kaip ir paprasta kaimo krosnis – elektros energijos nenaudojantis įrenginys, taigi jis, kaip atsarginis variantas (nutrūkus elektros energijos), gali būti įrengtas namuose, kur naudojami šilumos siurbliai.

Lietuvoje mediena, šiaudai, nendrės yra ir **tradicinės statybinės medžiagos**, ne tik kuras (40 pav.), iš jų statomi gyvenamieji, ūkiniai pastatai, pirtys etc. Naudojant natūralias medžiagas galima pastatyti sveiką, ekologišką būstą, bet tik tuo atveju, jei apdailos ar apsauginės (antiseptikai ir kt.) medžiagos taip pat yra natūralios (visi komponentai yra augalinės ar mineralinės kilmės arba sertifikuoti kaip ekologiški).



40 pav. Įvairūs gaminiai iš natūralių medžiagų.



41 pav. Vilniaus rajone esančios pirtelės sienos sumūrytos iš apvalių malkų, naudojant molio skiedinį, stogas apželdintas. J. Pečiulio nuotr.

Lietuvoje, kaip ir Europoje, statyba iš presuotų šiaudų yra perspektyvi, nes pasiekiami pusantro ar du kartus didesnė sienų varža nei reikalaujama šiuolaikiniuose normatyvuose. Šiaudų apstu visuose Europos regionuose – tai žemės ūkio atlieka, kuri yra ypač didelė problema augalininkystės ūkiuose. Aparti šiaudai yra nevertinga trąša, o deginti ar pūdyti jų negalima dėl aplinkosauginių motyvų (jie išskiria šiltnamio dujas: degdami – anglies dvideginį, pūdami – metaną). Statybai geriausiai tinka 45–55 cm pločio šiaudų ryšuliai, iš jų pastačius sienas ir jas nutinkavus molio tinku gaunama varža – 8–10 m²·K/W. Ryšuliai ruošiami naudojant žemės ūkio techniką – presus. Presuojant šiaudus, svarbu presą nustatyti maksimaliam šiaudų suspaudimui, naudoti atsparias ultravioletiniams spinduliams virves (mėlynos spalvos).



42 pav. Statomas šiaudinis namas Kauno rajone.



43 pav. Statomas šiaudinis namas Šiaulių rajone. E. Kaltano nuotrauka.

Ekologinėje *Septynių liepų (Sieben Linden)* gyvenvietėje (Vokietija) gyvenamasis trijų aukštų karkasinis pastatas iš presuotų šiaudų ryšulių, pastatytas 2005 m. (44 pav.). Jame gyvena 20 žmonių. Bendrasis pastato plotas yra 539 m², pritaikyti saulės architektūros principai leidžia sutaupyti daug šilumos energijos, ant stogo sumontuoti saulės kolektoriai ir fotoelementai. Pastarieji per metus pagamina 6 700 kWh elektros energijos, – kur kas daugiau nei reikia gyventojams; perteklinė energija parduodama.



44 pav. Pirmasis daugiaaukštis gyvenamasis presuotų šiaudų namas Europoje.

Iš presuotų šiaudų užsienyje statomi pasyvieji namai; šiaudinės plokštės naudojamos renovuojant daugiabučius pastatus, šiltnant palėpes ir kt.

Lietuvoje iš šiaudų ryšulių statomi namai, ūkiniai pastatai, pirtelės, garažai, kt. Naudojamos karkasinė, statybos be karkaso, skydinė technologijos.

Naudojant šiaudus kaip statybinių medžiagą saugoma gamta, nes šiaudams „gaminti“ naudojama saulės energija (sumažėja pastato įkūnytoji energija), pastatai yra labai šilti (apšildyti sunaudojama mažiau energijos), nugriovus statinių atliekos yra biodegraduojančios. Tokios statybos poveikis aplinkai yra dešimtis kartų mažesnis. Vienos šeimos pastato iš šiaudų statyba leidžia sutaupyti 25 t CO₂.

Racionalaus energijos vartojimo rekomendacijos

Naudojant saulės ir kitus atsinaujinančius energijos šaltinius labai svarbus energijos taupymas ir racionalus naudojimas. Tai teigiamai atsiliepia gamtai, klimato kaitos mažinimui ir finansinių išteklių taupymui.

Sutaupysime energijos ir mažiau teršime aplinką, jei:

- virsime ar kepsime maistą uždengtuose induose ant silpnesnės ugnies (dujine virykle) arba naudosisime mažiau elektros energijos (elektrine virykle);
- šaldytuvą atitrauksime nuo sienos 10 cm, per ilgai nelaikysime atdarų durų, nedėsimė į šaldytuvą šilto maisto, nustatysime vidutinę šaldymo temperatūrą;
- indaploves ir skalbykles naudosisime kuo labiau užpildytas, skalbsime ar plausime kuo žemesnėje temperatūroje, taupiai naudosisime skalbimo priemones;
- kai tik įmanoma, džiovinsime skalbinius natūraliai, o ne elektrinėje džiovykloje;
- taupysime vandenį: užsuksime čiaupą, muiluodamiesi rankas ar valydamiesi dantis bei panašiais atvejais (šiuo tikslu ypač patogūs – maišytuvai);
- jeigu vanduo yra kietas, reguliariai šalinsime karšto vandens šildytuvo nuoviras;
- vėdindami patalpas, trumpam plačiai atidarysime langus, užuot ilgai laikę pravirus;
- ruošdami arbatą, virdulį išjungsime dar nepradėjus kunkuliuoti vandeniui (daugumai žaliosios ar juodosios arbatos rūšių tinkamai paruošti reikalingas 70–95 °C temperatūros vanduo);
- reguliariai, ypač šildymo sezonu, valysime dulkes nuo šildymo prietaisų, nepaslėpsime jų už baldų, kitų daiktų, dekoratyvinių sienelių, užuolaidų;
- prižiūrėsime elektros lemputes, kad nebūtų dulkėtos (nuvalius dulkes, iki 40 proc. pagerėja apšvietimas);
- jei kurį laiką nedirbame kompiuteriu, išjungsime vaizduoklį;
- naudosisime elektros prietaisus tik tada, kai reikia;
- išjungsime elektros prietaisus iš lizdų, kai jų nenaudojame (patogu naudoti įžemintus šakučių lizdus, ilgintuvus su įjungimo ir išjungimo mygtuku);
- išjungsime ar sumažinsime patalpų šildymą ar vėsinimą, kai viduje nėra žmonių (galima naudoti tam skirtą įrangą);
- atitinkamai reguliuosime šildymą naktį ir dieną;
- prieš pirkdami daiktus įsitikinsime, ar tikrai mums jų reikia (kiekvienam daiktui pagaminti buvo naudojama energija, o išmesti nereikalingi daiktai papildo sąvartynus);
- prieš pirkdami pigius daiktus ar įrenginius, įsigilinsime į jų eksploatavimo ypatybes, netaupysime pinigų, atsisakydami kokybės;
- apžiūrėsime savo namus, darbo vietą ar įmonės teritoriją – gal ten yra be reikalo elektrą naudojančių prietaisų (pavyzdžiui, elektrinis šildymo prietaisas po stoglangiu, naudojamas žiemą, kad nutirptų sniego danga, vasarą turi būti išjungtas);
- apsvartysime, kurie elektros prietaisai gali būti naudojami naktį, kai elektros energija yra pigesnė;
- taupysime net palyginti mažus energijos kiekius (pavyzdžiui, naudosisime daugkartinio įkrovimo akumuliatorius, o ne vienkartinės baterijas – taip sukaupsime mažiau atliekų, sutaupysime pinigų, nors akumuliatorius kainuoja brangiau nei baterija, bet veikia ilgiau);
- kur galima, apsodinsime pastatą medžiais, atsižvelgdami į saulės energijos naudojimo ypatumus;
- domėsimės naujovėmis, nes technologijos tobulėja nuolat;
- automobilį (tai taip pat namų ūkių ar įmonės dalis) rinksimės taupų, naudojančių mažiau degalų, vairuosime saugiai ir ekonomiškai (važiuojant greičiau, sunaudojama daugiau degalų: 125 km/val. greitis, palyginti su 110 km/val. greičiu, 20 proc. padidina kuro sąnaudas), švelniai valdysime greičio pedalą, šildysime variklį pradėdami važiuoti, o ne stovėdami vietoje, neįjungsime kondicionieriaus, kt. elektros prietaisų be reikalo, važiuosime keliese, o ne po vieną, važinėsime uždarytais langais (mieste taip sutaupysime 2 proc., užmiestyje – iki 20 proc. degalų);
- investuodami pasidomėsime ir etiško, pagrįsto socialine ir aplinkosaugos atsakomybe investavimo galimybėmis.

Išvados

1. Saulės energija naudojama įvairiems žmonių poreikiams, kai reikia elektros energijos ar šilumos energijos. Technologijų plėtra rodo, kad saulės energijos naudojimo galimybės vis gerėja. Pastatų sektorius yra vienas didžiausių energijos vartotojų, ir saulės energijos naudojimas pastatuose yra labai reikšmingas bei perspektyvus.
2. Tiesioginis saulės energijos naudojimo efektyvumas pastate priklauso nuo energijos poreikių. Jei pastato apšildymui reikia daug energijos, tai saulės energijos dalis bendrajame pastato šilumos balanse bus nereikšminga. Jei pastatas gerai apšiltintas ir energija jo viduje naudojama racionaliai, saulės energija gali parūpinti didžiąją dalį šilumos.
3. Kai pastate instaliuoti neefektyvūs apšvietimo ir kiti elektros prietaisai, aprūpinti pastatą elektros energija, gaminama naudojant fotoelementus, yra labai brangu ir investicijos neatsipirktų per visą pastato eksploataavimo laikotarpį. Lietuvoje lapkričio-sausio mėn. naudojant saulės fotoelementus galima pagaminti tik nedidelius elektros energijos kiekius.
4. Mažai energijos naudojančios pastatai projektuojami atsižvelgiant į pasyvaus saulės energijos naudojimo principus ir pritaikant pastato fasadą saulės kolektorių ir saulės fotoelementų instaliavimui.
5. Remiantis Švedijos patirtimi, galima teigti, kad ir Lietuvos klimato sąlygomis įmanoma pastatyti mažai energijos naudojančius pastatus be šildymo sistemos, derinant pasyvaus ir aktyvaus saulės energijos naudojimo būdus ir efektyvaus energijos vartojimo principus.
6. Kai pastate sumontuoti Lietuvos rinkoje prieinami langai (stiklo paketo šilumos perdavimo koeficientas yra $1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$, saulės energijos praleisties koeficientas – $0,75$), nuo lapkričio mėn. iki sausio mėn. vidurio per pietinį įstiklinimą patiriama daugiau šilumos nuostolių, nei gaunama saulės energijos. Tačiau kitais šildymo sezono mėnesiais (spalis, vasaris, kovas, balandis) energijos gaunama ir todėl bendras patekusios per pietinį įstiklinimą šilumos energijos kiekis viršija nuostolius. Naudojant pasyviesiems namams skirtus langus (stiklo paketo šilumos perdavimo koeficientas $< 0,8 \text{ W/m}^2\text{K}$, saulės energijos praleisties koeficientas $< 0,5$) saulės energijos gavimas padidėtų dėl mažesnių šilumos nuostolių per įstiklinimą ir rėmus bei didesnio saulės energijos kiekio, patenkančio į pastato vidų.
7. Saulės energijos naudojimo galimybės pastate turi būti vertinamos kompleksiskai. Svarbu ne tik kuo daugiau energijos gauti šildymo sezonu, bet ir neperkaitinti pastato vasarą. Tai padėtų išvengti pasato vėsinimo. Aktyvus vėsinimas yra nepageidaujamas reiškinys, nes tam naudojama elektros energija, todėl projektuojant pastatą ar ruošiant renovacijos projektą, į tai turi būti atsižvelgiama.
8. Mažinant pasato elektros energijos poreikius būtina išanalizuoti ir natūralaus apšvietimo efektyvaus naudojimo galimybes.
9. Fotoelementai gali būti naudojami kaip atsarginis energijos šaltinis avariniu atveju, arba, derinyje su vėjo generatoriumi, kaip pagrindinis energijos šaltinis nuo elektros perdavimo linijų nutolusioje vietovėje, jei pastate instaliuotas efektyvus apšvietimas (šviesos diodai) ir aukščiausios klasės elektros prietaisai.
10. Vasarą Lietuvoje, naudojant saulės kolektorius, galima pagaminti 100 proc. karšto vandens, pavasarį – apie 50 proc. Saulės šildymo sistemos efektyvumas priklauso nuo visų tarpusavyje suderintų elementų (kolektoriai, akumuliacinė talpa, reguliavimo sistema, kt.).
11. Saulės energija sukaupia biomasės pavidalu augaluose naudojama kaip kuras ir kaip statybinė medžiaga (nendrės, mediena, šiaudų ryšuliai).

Literatūra

1. LEPKOVA, N.; VILUTIENĖ, T. *Pastatų ūkio valdymas: teorija ir praktika*. Vilnius, 2008. ISBN 978-9955-28-309-6.
2. BUKANTIS, A., et al. *Klimato kaita: prisitaikymas prie jos poveikio Lietuvos pajūryje*. Vilnius, 2007. ISBN 978-9955-33-106-3.
3. SORENSEN B. *Renewable energy*. London, 2004. ISBN 0-12-656153-2.
4. MILUTIENĖ, E., et al. *Efektyvaus energijos vartojimo pastatuose vadovas*. Kaunas, 2008. ISBN 978-9955-751-17-5.
5. WATERFIELD P. *The Energy Efficient Home*. Ramsbury, 2006. ISBN1-86126-779-7.
6. KACHADORIAN J. *The Passive Solar House*. 2006. ISBN 9781933392035.
7. MILUTIENĖ, E., et al. *Šiaudiniai namai*. Vilnius, 2008. ISBN 978-9955-9778-5-8.
8. Statybos normos "Statybinė klimatologija. RSN 156-94." *Valstybės žinios*, Nr. 24-394, 1994.
9. MARŠALKA, A.; MILUTIENĖ, E.; AUGULIENĖ, V. Evaluation of Solar Resources in Lithuania. *Environmental and chemical physics*, Vol. 26, No 1, 2004, p. 22–26.
10. KYTRA, S. *Atsinaujinantys energijos šaltiniai*. Kaunas, 2006. ISBN 9955-25-159-X.
11. Solar Wall [žiūrėta 2008 09 10]. Prieiga per internetą: <<http://solarwall.com>>.
12. GERMAN SECTION OF THE INTERNATIONAL SOLAR ENERGY SOCIETY. Solar Power for Hot Water and Heating [žiūrėta 2008 09 10]. Prieiga per internetą: <<http://www.solarserver.de/wissen/solarthermie-e.html>>.
13. Informacija, surinkta ekskursijų metu.
14. The power of one. Solar car project [žiūrėta 2009 10 20]. Prieiga per internetą: <<http://www.xof1.com/>>.

Nuotraukos (kur nepamirškite) – Editos Milutienės.