

Կանաչ Ճարտարապետություն

Էներգաարդյունավետություն և վերականգնվող էներգիա

Green Architecture

Energy Efficiency & Renewable Energy



The textbook is developed and published in the framework of "Improving Energy Efficiency in Buildings" UNDP-GEF project.

web-site: www.nature-ic.am
www.am.undp.org

ISBN 978-9939-1-0230-6

ԳԼԽԱՎՈՐ ԳԵՐԻՆԱԿ | LEAD AUTHOR

Ալեն Ամիրխանյան
Alen Amirkhanyan

ԳԱՄԱՅԵՐԻՆԱԿՆԵՐ | CONTRIBUTING AUTHORS

Տիգրան Սեկոյան [մոդուլներ | modules 5; 6; 7; primary author of]
Tigran Sekoyan [module 9 | մոդուլ 9-ի հիմնական հեղինակ]

Ռուբեն Համբարձումյան [մոդուլ | module 5]
Ruben Hambartsumyan

Արտակ Համբարյան [մոդուլ | module 6]
Artak Hambarian

Module 6

BUILDING INTEGRATED RENEWABLE ENERGY



Մոդուլ 6

ՇԵՆՔԻՆ ԻՆՏԵԳՐՎԱԾ ՎԵՐԱԿԱՆԳՆՎՈՂ ԷՆԵՐԳԻԱ



Module 6
BUILDING INTEGRATED RENEWABLE ENERGY



Մոդուլ 6
ՇԵՆՔԻՆ ԻՆՏԵԳՐՎԱԾ ՎԵՐԱԿԱՆԳՆՎՈՂ ԷՆԵՐԳԻԱ

Module 6		Մոդուլ 6
Module Plan and Learning Outcomes	189	Մոդուլի պլանը և ուսուցման արդյունքներ
Core Concepts	189	Հիմնական հասկացությունները
INTRODUCTION	190	ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ
BUILDING-INTEGRATED PHOTOVOLTAIC (BIPV)	191	ՇԵՆՔԻՆ ԻՆՏԵՐՎԱԾ ՖՎ ՏԵԽՆՈԼՈԳԻԱԿԱՆ ՀԱՄԱԿԱՐԳԵՐ (ՇԻՖՎ)
PV Technologies	191	ՖՎ տեխնոլոգիաներ
Two Emerging Trends	193	Ձևավորվող երկու միտումները
Components of a BIPV System	198	Շենքին ինտերված ՖՎ համակարգի բաղադրիչները
Solar Potential in the World and in Armenia	200	Աշխարհում և Հայաստանում արևային էներգիայի ներուժի քննադատություն
Application of Solar Systems at a Given Site	203	Արևային համակարգի կիրառումը տվյալ վայրում
SOLAR-THERMAL COLLECTORS	211	ԱՐԵՎԱՅԻՆ ՁԵՐՄԱՅԻՆ ԿՈՆԵԿՏՈՐՆԵՐ
SOLAR WALLS	216	ԱՐԵՎԱՅԻՆ ՊԱՏԵՐ
WIND TURBINES	218	ՀՈՂՄԱՅԻՆ ՏՈՐԲԻՆՆԵՐ
Wind Power Technologies	218	Հողմային էներգիայի տեխնոլոգիաներ
Critical Factors When Considering Wind Energy	222	Հողմային էներգիային առնչվող որոշիչ գործոնները
Installation Considerations: Noise, Vibration, Building Structure, Safety	224	Տեղադրման առնչվող նկատառումներ. աղմուկ, թրթռոց, շենքի կոնստրուկցիա, անվտանգություն
Grid and Off-grid Wind Power	225	Ցանցին միացված և ցանցից անջատ հողմային էներգիա
Wind Turbine Impact on Wildlife: Birds and Bats	225	Հողմային դաշտի ազդեցությունը կենդանի բնության վրա. թռչուններ և չղջիկներ
GEOHERMAL HEAT PUMPS	226	ԵՐԿՐԱՁԵՐՄԱՅԻՆ ՁԵՐՄԱՅԻՆ ՊՈՄՊԵՐ
Geothermal Heat Pump Systems	228	Երկրաջերմային ջերմային պոմպերի համակարգեր
Closed-loop Geothermal Heat Pumps	229	Փակ սխեմայով երկրաջերմային ջերմային պոմպեր
Open-loop Geothermal Heat Pumps	232	Բաց սխեմայով երկրաջերմային ջերմային պոմպեր
COGENERATION OR COMBINED HEAT AND POWER (CHP)	233	ԿՈԳԵՆԵՐԱՅԻԱ ԿԱՍ ՁԵՐՄԱՅԻՆ ԵՎ ԷԼԵԿՏՐՈՎԿԱՆ ԷՆԵՐԳԻԱՅԻ ՀԱՄԱԿՑՎԱԾ ԱՐՏԱԴՐՈՒԹՅՈՒՆ (ՁԷՀԱ)
Reading List	237	Ընթերցանության նյութեր
Audiovisual Materials	237	Տեսաձայնային նյութեր
Discussion Questions	237	Հարցեր բանավեճերի համար

Module Plan and Learning Outcomes

PLAN:

Outline and explain renewable energy-generation solutions and how they are integrated into buildings and at the community/neighborhood level.

Student Learning Outcomes:

- Demonstrate understanding of factors and conditions to consider for the proper application of a renewable energy resource for a site;
- Demonstrate understanding of available integrated technologies and solutions;
- Demonstrate understanding of advantages and disadvantages of integrated renewable energy solutions for a given project.

Core Concepts

Building-integrated photovoltaic Systems (BIPV Systems)
Solar-thermal collectors
Solar constant
Reference radiation
Horizontal radiation

Solar irradiation
Trombe wall
Wind turbines
Horizontal-axis wind turbine (HAWT)

Vertical-axis wind turbine (VAWT)
Heat Pumps
Geothermal Heat Pumps
Cogeneration, Combined Heat and Power (CHP)

Մոդուլի պլանը և ուսուցման արդյունքները

ՊԼԱՆ

Ընդհանուր նկարագրել և բացատրել վերականգնվող էներգիայի արտադրության լուծումները, ինչպես են դրանք ինտեգրվում շենքերին, ինչպես նաև համայնքի/թաղամասի մակարդակով:

Ուսանողների ուսուցման արդյունքները.

- Տրված տեղանքում վերականգնվող էներգիայի ռեսուրսների պատշաճ օգտագործումն ապահովելու նպատակով դիտարկվելիք գործոնների և պայմանների առումով հասկացողություն,
- Առկա ինտեգրված տեխնոլոգիաների ու լուծումների մասին հասկացողություն,
- Տրված նախագծում վերականգնվող էներգիայի ինտեգրված լուծումների առավելությունների և թերությունների մասին հասկացողություն:

Հիմնական հասկացությունները

Շենքին ինտեգրված ֆոտովոլտայիկ համակարգեր (ՇԻՖՎ Համակարգեր)
Արևային ջերմային կոլեկտորներ
Արեգակնային հաստատուն
Հողմային ճառագայթում
Ճառագայթում հորիզոնական մակերևույթին
Արեգակնային ճառագայթում
Թրոմբի պատ
Հողմային տուրբիններ
Հորիզոնական առանցքով հողմային տուրբին (ՀԱՀՏ)
Ուղղահայաց առանցքով հողմային տուրբին (ՈՒԱՀՏ)
Ջերմային պոմպեր
Երկրաջերմային ջերմային պոմպեր
Կոգեներացիա, ջերմային և էլեկտրական էներգիայի համակցված արտադրություն (ՁԷՀԱ)

INTRODUCTION

Modules 4 and 5 primarily focused on saving energy in buildings. This module will discuss the installation of renewable energy-generation technologies, such as photovoltaic, thermal collectors, and wind turbines, on buildings and at the neighborhood level.¹

By integrating renewable energy technologies into buildings and neighborhoods, designers are seeking to address the growing demand for clean energy. The untapped potential of solar, wind, geothermal, and other renewable energy sources in, on or close to a building or community makes integration of such technologies a good idea.

Integration of renewable energy sources into building and neighborhood design is of growing interest to architects and urban planners, as they are attempting to balance aesthetic impact, engineering demands and energy yields of various technologies.

Each technology has its pros and cons. This module will help to understand the basics of these technologies so that, ultimately, architects and engineers can weigh the costs and benefits of each solution from an economic, technical, aesthetic and environmental perspective. Students should also review the Box called “RENEWABLES AND THE ENVIRONMENT” and Figure 13 at the end of Module 2.

The specific renewable energy systems that will be discussed in this module include:

- Building integrated photovoltaic (BIPV);
- Solar-thermal collectors;
- Solar walls and Trombe walls;
- Wind turbines;
- Geothermal heat pumps;
- Cogeneration technologies.

While renewable energy use in buildings is relatively low today, it is growing rapidly. Architects and engineers are increasingly expected to know and implement renewable solutions in their building or urban designs.

ՆԵՐԱՃՈՒԹՅՈՒՆ

Շենքերի էներգախնայողության հարցերը հիմնականում դիտարկվել են 4-րդ և 5-րդ մոդուլներում: Այս մոդուլում կքննարկվեն շենքերի և թաղամասի մակարդակով վերականգնվող էներգիա արտադրող տեխնոլոգիաների տեղակայման հարցերը, որոնցից են՝ ֆոտովոլտայիկ (ՖՎ) փոխակերպիչները, ջերմային կոլեկտորները և հողմային տուրբինները¹:

Վերականգնվող էներգիայի տեխնոլոգիաները շենքերին և թաղամասին ինտեգրելով՝ նախագծողները փորձում են բավարարել մաքուր էներգիայի աճող պահանջարկը: Շենքի կամ համայնքի կողքին կամ հարևանությամբ գտնվող արևային, հողմային, երկրաջերմային և վերականգնվող էներգիայի այլ աղբյուրների դեռևս չօգտագործվող ներուժն այդ տեխնոլոգիաների ինտեգրումը դարձնում է իմաստալից:

Մինչ ճարտարապետներն ու քաղաքաշինարարները փորձում են հավասարակշռություն գտնել գեղագիտական ազդեցության, ինժեներական պահանջների և տարբեր տեխնոլոգիաներից ստացվող էներգիայի միջև՝ վերականգնվող էներգիա արտադրող աղբյուրների ինտեգրումը շենքերի և թաղամասի նախագծերին հետաքրքրությունների աճող ոլորտի է վերածվում նրանց համար:

Յուրաքանչյուր տեխնոլոգիա ունի իր առավելություններն ու թերությունները: Այս մոդուլը կօգնի հասկանալ այդ տեխնոլոգիաների հիմունքները, որպեսզի, ի վերջո, տնտեսական, տեխնիկական, գեղագիտական և բնապահպանական տեսանկյունից խորհուրդ տալու դեպքում ճարտարապետները և ճարտարագետները կարողանան գնահատել յուրաքանչյուր լուծման արժեքն ու օգուտները:

Ուսանողները պետք է նաև վերանայեն Մոդուլ 2-ի վերջնամասում գտնվող «ԷՆԵՐԳԻԱՅԻ ՎԵՐԱԿԱՆԳՆՎՈՂ ԱՐԲՅՈՒՐՆԵՐԸ ԵՎ ՇՐՋԱԿԱ ՄԻՋԱՎԱՅԻՐԸ» Ներդիրը և Նկար 13-ը:

Սույն մոդուլում դիտարկվելու են վերականգնվող էներգիայի հետևյալ համակարգերը.

- Շենքին ինտեգրված ֆոտովոլտայիկ համակարգեր (ՇԻՖՎ),
- Արևային ջերմային կոլեկտորներ,
- Արևային պատեր և Թրոմբի պատեր,

¹ Utility-scale renewable energy generation, such as hydropower plants, large wind farms, concentrated solar power plants, etc., is beyond the scope of this module.
 Էներգիայի լայնամասշտաբ արտադրությունը (հիդրոէլեկտրակայաններ, խոշոր հողմակայաններ, կենտրոնացված արևային էլեկտրակայաններ) այս մոդուլի շրջանակից դուրս է:

BUILDING-INTEGRATED PHOTOVOLTAIC (BIPV)

PV Technologies

A 19th century French physicist, Alexandre-Edmond Becquerel, was the first to record observations on the photovoltaic (PV) effect, the creation of electrical current in materials when exposed to light. *Photo* denotes light and *voltaic* denotes the generation of electricity.

Most PV technologies today rely on the generation of electricity through the illumination of layers of semiconductor materials such as silicon, gallium arsenide, cadmium sulfide, cadmium telluride, and a few others.

PV panels or modules are mostly made of semiconductor cells or materials, as well as materials that contain or encapsulate them (Figure 1). The most common semiconductor used in PV panels is silicon (in either of three forms: mono-crystalline, polycrystalline, and amorphous thin film). Silicon comprises 85% of modules in the market today.



րից, ինչպես նաև դրանք պարունակող կամ դրանցով ներկապսուլացված նյութերից (նկ. 1): ՖՎ պանելներում կիրառվող ամենատարածված կիսահաղորդիչը սիլիցիումն է (երեք ձևերից մեկի՝ միաբյուրեղ, բազմաբյուրեղ և ամորֆ նրբաթաղանթի տեսքով): Այսօր շուկայում առկա մոդուլների 85%-ը սիլիցիում է պարունակում:

- Յոգմային տուրբիններ,
- Երկրաջերմային ջերմային պոմպեր,
- Կոգեներացիոն տեխնոլոգիաներ: Թեպետ վերականգնվող էներգիայի օգտագործման մասնաբաժինը շենքերում դեռևս ցածր է, այդ արագորեն աճում է: Ճարտարապետներից և ճարտարագետներից ավելի ու ավելի է ակնկալվում իմանալ և այդպիսի լուծումներ իրականացնել իրենց կողմից նախագծվող շենքում կամ քաղաքում:

ՇԵՆՔԻՆ ԻՆՏԵԳՐՎԱԾ ՖՈՏՈՎՈԼՏԱՅԻԿ ՀԱՍՏԱԿԱՐԳԵՐ (ՇԻՖՎ)

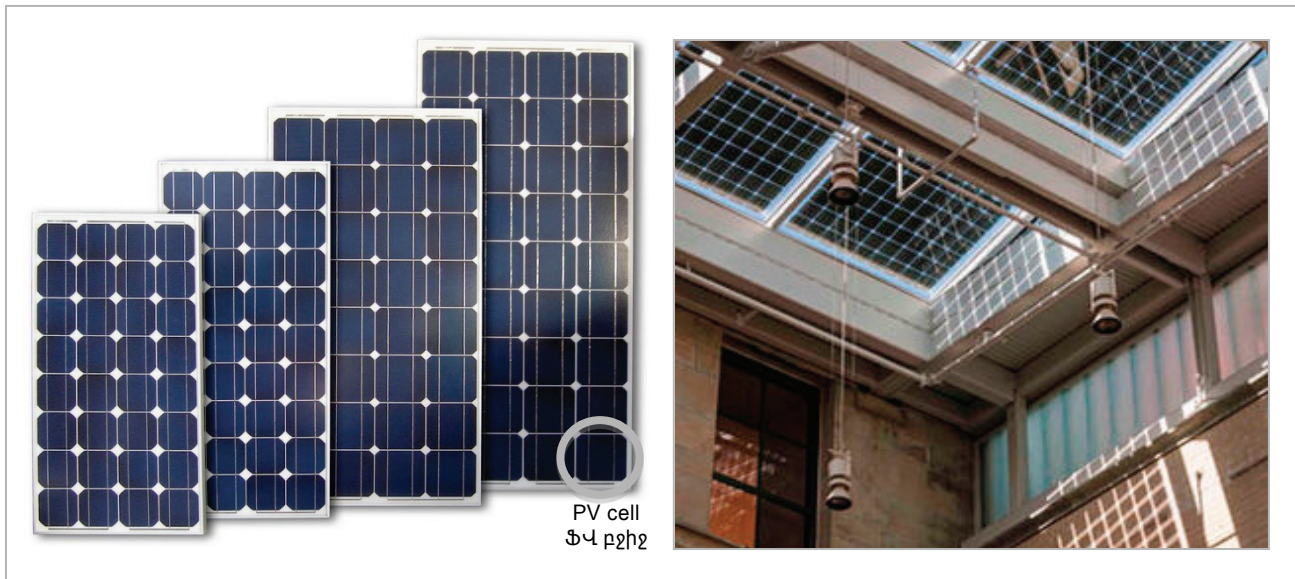
ՖՎ տեխնոլոգիաներ

19-րդ դարի ֆրանսիացի ֆիզիկոս Ալեքսանդր-Էդմոն Բեքերելն առաջինն էր, որ արձանագրեց ֆոտովոլտայիկ էֆեկտի իր դիտարկումներն այն մասին, որ նյութերն Արեգակի լույսի ազդեցության տակ էլեկտրական էներգիա են արտադրում: *Photo* նշանակում է լույս, *voltaic* էլեկտրաէներգիայի արտադրություն:

Ֆոտովոլտայիկ (ՖՎ) տեխնոլոգիաների մեծ մասն այսօր էլեկտրաէներգիա է արտադրում կիսահաղորդիչ նյութերի շերտերի լուսավորման միջոցով: Այդ նյութերից են՝ սիլիցիումը, գալիումի արսենիդը, կադմիումի սուլֆիդը, կադմիումի թելուրիդը և այլն: ՖՎ կայանքները կամ մոդուլները հիմնականում պատրաստված են կիսահաղորդչային բջիջներից կամ նյութ-

Figure 1. Solar devices: photovoltaic (PV) technology generating electricity

PV panels come in different sizes. They are made of PV cells arranged in rows and columns and placed in an encasement. Sometimes cells are integrated into building components, such as windows or skylights.



ՖՎ պանելներն արտադրվում են տարբեր չափերի: Դրանք պատրաստված են շրջանակի մեջ շարքերով և սյունակներով դասավորված ՖՎ բջիջներից:

Երբեմն այդ բջիջները ներկառուցվում են շենքի տարրերի՝ պատուհանների կամ լուսաթափանց առաստաղների մեջ:

Նկար 1. Արևային սարքեր. էլեկտրաէներգիա արտադրող ֆոտովոլտայիկ տեխնոլոգիա

The remaining 15% of panels or modules include a large variety of composite materials such as gallium arsenide, A_3B_5 (or $AlIBV$) composites, organic materials, and many more. Currently these materials have a shorter lifespan than silicon panels. They are also more expensive, although they hold the potential for becoming more affordable over time.

In order to be used in a building, PV cells or materials are typically encapsulated in either rigid structures or flexible film-like materials. Rigid structures can be panels with the PV cells sandwiched between glass or other transparent materials and hard backing material, all held together by an aluminum frame (see examples of panels on the left-hand side of Figure 1. Figure 2 shows the details of these panels).

Solar PV electricity is regarded as an attractive source of energy as it has no moving parts or fluids, no noise, and no operational emissions or pollution. It also has very little (next to zero) maintenance cost.

PV aluminum-framed panels have been mounted on buildings since the 1970s. These were particularly useful for buildings in areas with no or poor access to an elec-

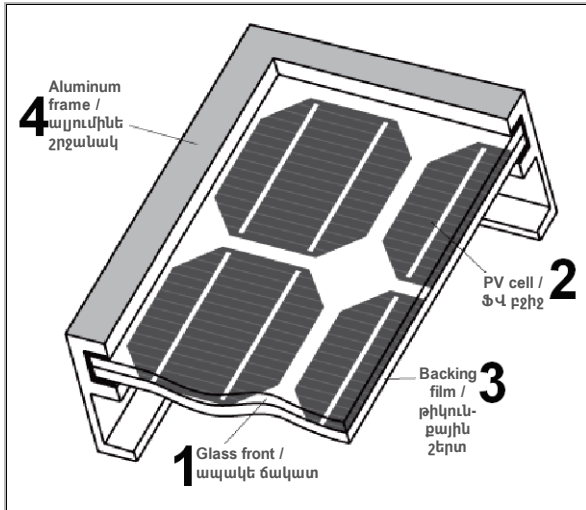
Պանելների կամ մոդուլների մնացած 15%-ը պատրաստվում են բազմաթիվ կոմպոզիտային նյութերից, ինչպիսիք են՝ գալիումի արսենիդը, A_3B_5 (կամ $AlIBV$) շարքի կոմպոզիտային նյութերը, օրգանական նյութերը և շատ ավելի: Ներկայումս այդ նյութերի ծառայության ժամկետը սիլիցիումային պանելներից կարճ է: Դրանք նաև շատ ավելի թանկ են, թեև ժամանակի ընթացքում մատչելի դառնալու միտում ունեն:

Շենքերում օգտագործվելու դեպքում ՖՎ բջիջները կամ նյութերը սովորաբար ներկապսուլացվում են կամ կոշտ կոնստրուկցիաներում, կամ ճկուն հյուսվածքանման նյութերում: Կոշտ կոնստրուկցիաները կարող են լինել շերտավոր պանելներ՝ շերտերի միջև տեղադրված ՖՎ բջիջներով, որոնց վերին մասը պատրաստված է ապակյա կամ այլ թափանցիկ նյութերից, մի կողմ կոնստրուկցիա, որտեղ ամեն ինչ միասին ամրացված է այլումինե շրջանակի մեջ (սման պանելների օրինակ ներկայացված է նկ. 1-ում: Այդ պանելների մանրամասները ներկայացված են նկ. 2-ում):

Արևային ՖՎ էլեկտրաէներգիան դիտարկվում է որպես էներգիայի գրավիչ աղբյուր, քանի որ այն չունի շարժվող մասեր կամ հեղուկ բաղադրիչներ, աղմուկ չի հանում և դրա աշխատանքից արտանետումներ կամ աղտոտվա-

tricity grid.² In these cases, the PV panel was simply added on top of the rooftop (Figure 3). Due to increased environmental concerns, as well as stress on energy grids, the use of these panels has increased since the 1980s and expanded to areas already connected to electricity grids.

Figure 2. A simplified picture of encapsulating PV cells in panels



Սկար 2. Պատկերի մեջ ՖՎ բջիջների ներկապուլացման պարզեցված պատկեր:

ծուրթյուն չի առաջանում: Այն նաև սպասարկման չնչին (գրոյին մոտ) ծախսեր է պահանջում:

Այլումինե շրջանակով ՖՎ պանելները շենքերի վրա տեղադրվում էին դեռ 1970-ականներից ի վեր: Դրանք գործնականորեն կիրառվում էին այն շենքերի համար, որոնք գտնվում են էլեկտրական ցանցերից հեռու կամ դժվար հասանելի տարածքներում²: Նման դեպքերում ՖՎ պանելը պարզապես մոնտաժվում էր տան տանիքին (սկ. 3): Բնապահպանական խնդիրներին առնչվող մտահոգության աճի հետևանքով, ինչպես նաև էներգետիկ ցանցերի ծանրաբեռնվածության տատանումների պատճառով այդ պանելների կիրառությունը 1980-ականներից սկսած ընդլայնվել է՝ հասնելով մինչև այն տարածքները, որոնք արդեն միացած են էլեկտրական ցանցերին:

Ձևավորվող երկու միտումները

Սկսած 1980-ականներից, շենքերին ինտեգրված ՖՎ տեխնոլոգիաների առումով աշխարհում առաջ են գալիս երկու առանձին միտումներ: Ըստ դրանցից մեկի՝ շենքի ՖՎ տեխնոլոգիաների միջոցով արտադրված էլեկտրաէներգիան միանում է էլեկտրական ցանցե-

Figure 3. PV panels on buildings mounted as elements separate from other parts of a building



Սկար 3. Շենքերի վրա տեղադրված ՖՎ պանելներ, որոնք մոնտաժված են շենքի մյուս տարրերից առանձնացված

Two Emerging Trends

Since the 1980s two distinct trends are underway worldwide with respect to the integration of PV technologies into buildings.

րին: Մյուսով՝ շենքի բաղադրիչների մեջ ՖՎ տեխնոլոգիայի ավելի լիարժեք ինտեգրում է նախատեսվում:

² Patrnia Eiffert and Gregory Kiss, *Building-Integrated Photovoltaic Designs for Commercial and Institutional Structures: A Sourcebook for Architects*, Oak Ridge: US Department of Energy, 2000, <http://www.nrel.gov/docs/fy00osti/25272.pdf>

One is to connect the electricity generated by a building's PV technologies to larger electricity grids. The second is a more full integration of PV technology into a building's components.

With respect to the first trend, some local or regional governments have pursued this path, namely allowing building owners with PV capacity to sell their excess electricity generation to the grid as a way of increasing the profitability of PV installations and, hence, encouraging greater adoption.

During the day, a building may generate more electricity from its installed PV technology than is used by the building. One way to handle this excess electricity is to store it in batteries that can be used at night or on overcast days with little sun (see Module 7 for more on electricity storage technologies).

Batteries, however, are expensive. Moreover, producing and disposing of batteries carries environmental concerns. An alternative that has gained traction in many parts of the world is "net metering". Instead of storing the excess electricity in the building for future use, the building owner may sell it to the electricity distributor. In this way, the building owner will either reduce the electricity bill by the amount sold to the distributor or, if it produces more than actually used, allow for credits or cash refunds. Such a practice will help offset the costs of installing PV technology in a building and encourage wider adoption. To allow for net metering, there is a need for special (reversible) electricity meters, as well as supporting regulations and energy policies in place.³

The second PV trend is more full integration of PV technology into buildings themselves, e.g. PV cells integrated into windows or solariums. In these cases, PV cells are placed between layers of glass in windows or skylights (Figure 4).

They are also being integrated into other parts of buildings, such as facade cladding and roofing elements. Figure 4 shows roof shingles that are PV modules. Likewise, PV panels may replace facade materials, e.g. stone or aluminum cladding.

Ինչ վերաբերում է առաջին միտմանը, ապա տեղական կամ տարածաշրջանային կառավարման որոշ մարմիններ գնում են այս ճանապարհով՝ թույլ են տալիս, որ ՖՎ հզորություններով համալրված շենքերի սեփականատերերը իրենց արտադրած ավելցուկ էլեկտրաէներգիան վաճառեն ցանցին, որի արդյունքում բարձրանում է ՖՎ սարքավորումների շահութաբերությունը և, հետևաբար, խրախուսվում դրանց լայն կիրառությունը:

Շենքը, տեղադրված ՖՎ տեխնոլոգիայի միջոցով, կարող է ցերեկվա ընթացքում արտադրել ավելի շատ էլեկտրաէներգիա, քան տվյալ շենքին անհրաժեշտ է: Էլեկտրաէներգիայի այդ ավելցուկի հետ վարվելու ճանապարհներից մեկը մարտկոցներում կուտակելն է, որն այնուհետև սպառվում է գիշերային ժամերին կամ ամպամած օրերին՝ երբ արևը քիչ է (ավելի մանրամասն էլեկտրաէներգիայի պահպանման տեխնոլոգիաների վերաբերյալ տե՛ս մոդուլ 7):

Մարտկոցները, սակայն, թանկ են: Ավելին, մարտկոցների արտադրությունն ու վերացումն իրենց բաժինն ունեն բնապահպանական խնդիրների տեսակետից: Աշխարհի շատ մասերում ավելի գրավիչ է դառնում մի այլընտրանքային լուծում, երբ հաշվիչի ցուցմունքի «զուտ հաշվառման» տարբերակն է կիրառվում: Ավելցուկ էլեկտրաէներգիան հետագա օգտագործման համար շենքում կուտակելու փոխարեն, սեփականատերն այն կարող է վաճառել բաշխիչ ցանցին: Այսպիսով, շենքի սեփականատերը բաշխիչ ցանցին վաճառած գումարի չափով նվազեցնում է իր փաստացի էլեկտրաէներգիայի հաշիվը, կամ եթե սպառած էներգիայից ավելի էներգիա է արտադրել, ապա գումարը ձևակերպվում է որպես վարկ կամ վճարվում է: Նման գործելակերպը կօգնի փոխհատուցել շենքում տեղադրված ՖՎ համակարգի ծախսերը և, հետևաբար, կխրախուսի դրանց լայն կիրառությունը: «Չուտ հաշվառում» իրականացնելու համար անհրաժեշտ կլինի ունենալ էլեկտրաէներգիայի հատուկ (ռեվերսիվ) հաշվիչներ, ինչպես նաև էներգետիկ քաղաքականությանն օժանդակող օրենսդրություն³:

Ըստ դիտարկվող երկրորդ ՖՎ միտման՝ նախատեսվում է այդ տեխնոլոգիայի ավելի լիարժեք ինտեգրումը շենքերին: ՖՎ բջիջները ներկառուցվում են, օրինակ, պատուհանների կամ ստվարիումների մեջ: Այս դեպքում ՖՎ բջիջները տեղադրվում են պատուհանների կամ

³ As of 2015, discussions of the practice of net metering, widely explored worldwide, are ongoing in Armenia; however, no certainty is attained in terms of practical solutions. Աշխարհում լայնորեն փորձարկվող՝ «զուտ հաշվառման» այլընտրանքը, ՀՀ-ում 2015թ. դրությամբ ընթացող քննարկումների առարկան է, սակայն պրակտիկ լուծումների առումով որոշակիություն դեռ չի ձևավորվել:

PV cells are also being embedded in flexible materials, such as polyester or polyimide, allowing for a wider variety of applications. Such applications provide architects with aesthetic flexibility in integrating PV cells into a building (Figure 5).

լուսաթափանց առաստաղների ապակու շերտերի միջև (սկ. 4):

Դրանք նաև ինտեգրվում են շենքերի այնպիսի տարրերին, ինչպիսիք են ճակատային և տանիքի ծածկույթի կառուցվածքները: Ինչպես երևում է սկ. 4-ում՝ կան այպիսի կոմբինդոններ, որոնք իրականում ՖՎ մոդուլներ են: Նույն նպատակով կարելի է նաև ճակատի երեսպատման քարե կամ ալյումինե սյուրթերը փոխարինել ՖՎ պանելներով:

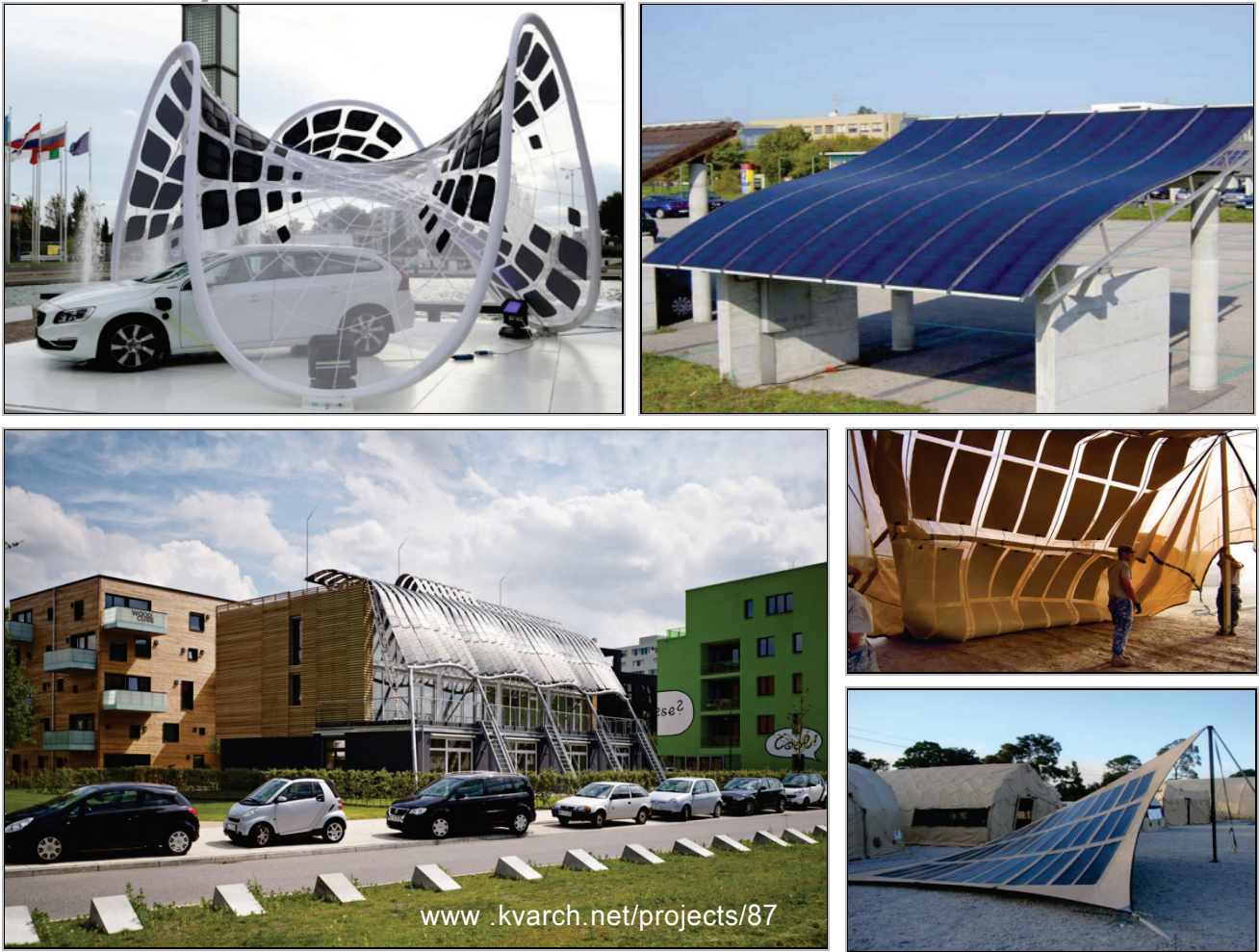
Ավելի լայն կիրառության հասնելու նպատակով ՖՎ բջիջները ներկառուցվում են նաև ճկուն սյուրթերի, օրինակ՝ պոլիէստերի կամ պոլիիմիդի մեջ: ՖՎ բջիջները շենքին ինտեգրելու նման կիրառությունը՝ գեղագիտական ճկունության հնարավորություն է տալիս ճարտարապետներին (սկ. 5):

Figure 4. Four examples of PV panels integrated into building components



Նկար 4. Շենքի տարրերին ՖՎ պանելների ինտեգրման չորս օրինակ:

Figure 5. Flexible PV panels used in temporary and permanent structures. Flexible PV allows for mobility and aesthetic flexibility



Նկար 5. Ժամանակավոր և մշտական կառույցներում կիրառվող ճկուն ՖՎ պանելներ, որոնք դյուրաշարժ են և ճարտարապետական տեսանկյունից՝ գեղագիտական:

Box 1. BIPV in Armenia

Armenia is very rich in solar radiation. On average, on a horizontal surface the annual value of the total (direct and diffuse solar radiation) flux in middle cloudy weather is 1,720 kWh/m². However, the share of renewable energy use in buildings in Armenia is still very low. Figure 6 below shows a few BIPV projects in the country.

PV additions to roofs on buildings in Armenia

The American University of Armenia installed 5 kW peak load autonomous PV setting on the roof of its main building, which supplies energy to the building's air-conditioning system.



Հայաստանի Ամերիկյան համալսարանի գլխավոր մասնաշենքի տանիքին տեղադրված 5 կՎտ պիկային բեռով ինքնավար ՖՎ համալիրը, որի արտադրած էներգիայով աշխատում է շենքի օդորակման համակարգը:

ՆԵՐՂԻՐ 1. Շենքերի ինտեգրված ֆոտովոլտայիկ համակարգեր Հայաստանում

Հայաստանը հարուստ է Արեգակի ճառագայթային էներգիայի պաշարներով: Միջին ամպամածությամբ եղանակին հորիզոնական հարթության վրա ընկնող ընդհանուր տարեկան (Արեգակի ուղիղ և ցրված ճառագայթային) հոսքը հասնում է 1,720 կՎտժ/մ²: Մինևույն ժամանակ ՀՀ շենքերում կիրառվող վերականգնվող էներգիայի մասնաբաժինը չափազանց ցածր է:

ՀՀ-ում շենքերի տանիքների տեղադրված ՖՎ մոդուլներ

Roof-mounted system at the Armenian-American Wellness Center, 10 kW PV system: the first building in the CIS working on the net-metering principle.



Հայ-Ամերիկյան առողջության կենտրոնի տանիքին տեղադրված համակարգը՝ 10 կՎտ հզորությամբ ՖՎ համակարգ է, զուտ հաշվառման սկզբունքով աշխատողներից՝ ԱՊՀ-ում առաջինն էր:

Source: Robert Kharazyan, *Renewable Energy Sources and Technologies* [in Armenian], Yerevan, 2012, էջ 279, http://www.nature-ic.am/res/pdfs/documents/2012/the-tutorial-presentation_12.04.12.pdf. The tutorials in Kharazyan's book cover the theoretical principles of using renewable energy sources, the practical implementation options, and the specific features of relevant state-of-the-art technologies. The tutorial is based on practical cases, with respective solutions enabling easier comprehension of the material. The tutorial was prepared within the framework of the UNDP/GEF "Armenia - Improving energy efficiency of municipal heating and hot water supply" project. The project is being implemented through the joint initiative of UNDP and the Armenian Ministry of Nature Protection, financed by the Global Environmental Facility.

Աղբյուրը՝ Ռ.հարազյան, «Վերականգնվող էներգիայի աղբյուրներն ու տեխնոլոգիաները», Երևան 2012, էջ 279 (վերցված է www.nature-ic.am)։ Ուսումնական ձեռնարկն ընդգրկում է վերականգնվող էներգիայի աղբյուրների կիրառման տեսական հիմունքները, գործնական կիրառման տարբերակները և համապատասխան ժամանակակից տեխնոլոգիաների բնութագրերը։ Ուսումնական ձեռնարկը կառուցված է համապատասխան լուծումներով՝ գործնական օրինակների վրա, որը հեշտացնում է նյութի ընկալումը։ Ուսումնական ձեռնարկը պատրաստվել է «Զաղաքային ջեռուցման և տաք ջրամատակարարման էներգաարդյունավետության բարելավումը Հայաստանում» ՄԱԿ/ԳԵՖ/00035799 ծրագրի շրջանակում։ Ծրագիրն իրականացվել է ՄԱԿԶԱԾ և ՀՀ ԲՆ համատեղ նախաձեռնությամբ և ֆինանսավորվել է ԳԵՖ կողմից։

BOX 2. SOLAR TREES

If trees or other structures shade the roof of a structure, it might not be possible to use the rooftops for solar PV. One solution to explore is the use of so-called “solar trees”. Installed on a tall pole breaking the tree canopy, solar trees provide easy orientation at an optimal southern angle, and also may bring an innovative three-dimensional effect to a new or existing design or building. The rest of the PV system remains unchanged. Special attention should be paid to the wind resistance of the total construction, e.g. by decreasing the sail effect through a number of gaps in and between panels. A similar “tree” idea may be used for street lighting, where it would not be feasible to install centralized PV panels.

ՆԵՐԴԻՐ 2. ԱՐԵՎԱՅԻՆ ԾԱՌԵՐ

Եթե ծառերը կամ այլ կառույցները ստվեր են ձգում շինության տանիքին, ապա հնարավոր չէ այդ շենքի տանիքին արևային պանելներ տեղադրել: Ուսումնասիրության արժանի լուծումներից մեկն այսպես կոչված՝ արևային ծառերն են: Կանաչ ծառերից բարձր սյուների վրա տեղադրված արևային ծառերի անկյունը հեշտությամբ կողմնորոշվում է դեպի օպտիմալ հարավային կողմը: Դրանցով կարելի է նաև նոր կամ առկա շենքերի վրա եռաչափ նորարարական ձևավորմամբ լուծումներ կառուցել: Ֆոտովոլտայիկ համակարգի մնացած մասը մնում է անփոփոխ: Հատուկ ուշադրություն պետք է դարձնել քամու նկատմամբ ամբողջ կոնստրուկցիայի դիմացկունությանը, այսինքն՝ յուրաքանչյուր պանելում և պանելների միջև անցքերի միջոցով նվազեցնել «առագաստի» էֆեկտը: «Ծառի» նման գաղափարը կարելի է կիրառել այն վայրերի փողոցային լուսավորության համար, որտեղ ՖՎ պանելների կենտրոնացված տեղադրումը հնարավոր չէ:



Components of a building-integrated PV system

PV systems have several main components, as illustrated in Figure 6. The components include:

1. PV panels or modules and their mechanical support system to carry the load of the modules;
2. Charge controllers that prevent batteries from overcharging. These will be required if you decide to install a battery bank (see point 3 below);
3. Optional battery bank. If the main utility allows you to sell the excess energy generated to the main grid, there is less incentive to have a battery bank;

Շենքին ինտեգրված ՖՎ համակարգի բաղադրիչները

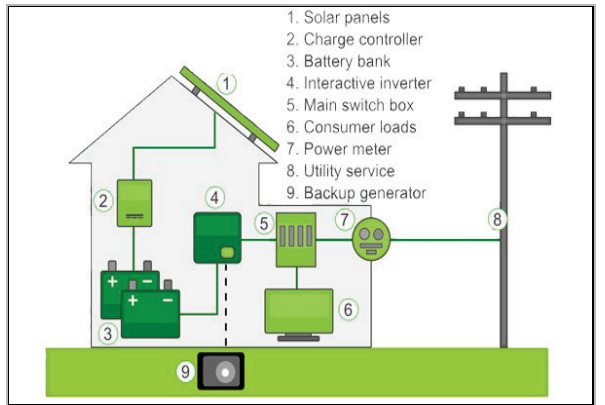
ՖՎ համակարգերը բաղկացած են մի քանի հիմնական բաղադրիչներից, որոնք բերված են նկ. 6-ում: Այդ բաղադրիչներն են.

1. ՖՎ պանելներ կամ մոդուլներ և այդ մոդուլների ծանրությունը կրող մեխանիկական համակարգեր,
2. Լիցքավորումը կառավարող սարքեր, որոնք մարտկոցները գերծ են պահում գերլիցքավորվելուց: Նշենք, որ սա անհրաժեշտ կլինի, եթե որոշեք մարտկոցների մոդուլ տեղադրել (տե՛ս ստորև, կետ 3),
3. Այլընտրանքային մարտկոցների մոդուլ: Եթե հիմնական էլեկտրամատակարար ընկերությունը թույլ է տալիս ցանցին վաճառել

4. DC-AC inverter to convert the direct current output of PV panels into more versatile and alternate currents of 50Hz or 60Hz frequency depending on the country;
5. Main switch box, which distributes the electricity to different parts of the building;
6. Consumer loads - outlets where consumers plug in their equipment. These can be the same as electrical power outlets already available in a building, as the DC/AC converter would make the electricity the same frequency as that from the national or city grid;
7. Power meter that would be used to meter the amount of electricity purchased from the utility company, a grid connection device with a two-sided meter to store or sell unused generated power and be available for use when solar radiation is unavailable.
8. Note the credit meter and the electric meter. In many cases these two units are not separate components, but are united in one block;
9. Utility service (if a building needs to be connected to the grid);
10. Optional backup generator for buildings completely disconnected from national or local electrical grids.

4. ՅՅ (հաստատուն հոսանք) - ՓՅ (փոփոխական հոսանք) վերափոխիչ/ինվերտոր, որը ֆոտովոլտայիկ պանելի արտադրած հաստատուն հոսանքը կփոխակերպի 50Յց կամ 60Յց (կախված երկրից) փոփոխական հոսանքի,
5. Հիմնական բաշխիչ տուփ, որն էլեկտրաէներգիան բաշխում է ըստ շենքի տարբեր սենքերի,
6. Սպառիչները միացնելու համար ներտնային վարդակներ: Սա կարող է նույնը լինել՝ ինչ տանն արդեն առկա էլեկտրական վարդակները, քանի որ ՅՅ/ՓՅ փոխակերպիչը եկող էլեկտրաէներգիան նույնն է, ինչ տունը սովորաբար կստանար կենտրոնական կամ քաղաքային էլեկտրական ցանցերից,
7. Էլեկտրաէներգիայի հաշվիչ, որի միջոցով հաշվառվում է բաշխիչ ընկերությունից գնվող էլեկտրաէներգիան. ցանցի հետ միացումն ապահովող երկկողմանի հաշվիչով սարք, որի միջոցով արտադրված էներգիայի ավելցուկը կուտակվում, այն է՝ վաճառվում է ցանցին և, արևի ճառագայթման բացակայության դեպքում, հասանելի է դառնում ցանցից տան էլենտրասպառման համար:
8. Ուշադրություն դարձրեք կոմերցիոն հաշվիչի և էլեկտրական հաշվիչի վրա: Շատ դեպքերում այս երկու սարքերն առանձին բաղադրիչներ չեն, այլ միացված են մեկ տուփի մեջ,
9. Կոմունալ ծառայություն/էլեկտրաէներգիայի բաշխիչ ցանց/ընկերություն (եթե շենքը հարկավոր է միացնել ցանցին),
10. Կենտրոնական կամ տեղական էլեկտրական ցանցերին ընդհանրապես չմիացած շենքերի դեպքում հնարավոր է դիտարկել վթարային գեներատորի տարբերակ:

Figure 6. Diagram of the parts of a PV system in a building.



- | | |
|----------------------------|-------------------------|
| 1. արևային պանելներ | 4. ինտերակտիվ վերափոխիչ |
| 2. լարումը հսկող սարք | 5. հիմնական բաշխիչ տուփ |
| 3. մարտկոցների պարկ | 6. սպառողական բեռնվածք |
| 7. էլեկտրաէներգիայի հաշվիչ | |
| 8. կոմունալ ծառայություն | 9. վթարային շարժիչ |

Նկար 6. Շենքում տեղադրված ՖՎ համակարգի բաղադրիչների գծապատկերը:

Այն դեպքում, երբ ՖՎ պանելները կամ մոդուլները ներկառուցված չեն պատուհանների կամ առաստաղների նյութերի մեջ, ապա գրեթե միշտ մի կոնստրուկցիա է պետք, որը կարողանա դրանք իրենց տեղում պահել: Այդ կոնստրուկցիաները պետք է կրեն ՖՎ պանելի բեռը, ինչպես նաև դիմանան բնական երևույթներին և դրանց (օրինակ՝ քամու) ճնշմանը: Աղետալի կլիմի, եթե ուժգին քամիներն այդ պանելները տեղահան անեն ու մի կողմ նետեն: Դա կարող

When PV panels or modules are not integrated into windows or roof material, they almost always need a structure to hold them in place. These structures must carry the weight of the PV panel, as well as withstand the elements and their loads (such as wind). It would be a disaster if these panels were to be dislodged and blown around by high winds. They could cause serious damage to property and human health.

The support structure can also be used to appropriately orient the panels for maximum solar energy harvesting. They are, however, additional structures that bring with them aesthetic and other design considerations. Architects have the latitude to integrate these structures into the building design, e.g. combining PV support structures with a roof, support structures, or the building envelope.

Solar Potential in the World and in Armenia

Solar rays travel through space and some penetrate the earth's atmosphere. Before passing through the atmosphere, the amount of energy passing through 1 square meter of surface perpendicular to the sun is equal to 1,366 Watt per square meter (W/m^2). This is known as the **solar constant**.

When solar rays enter the earth's atmosphere and travel through the mass of the atmosphere, this energy is reduced. On a fully sunny day, with the sun at its zenith (i.e. the sun at a 90-degree angle to the surface of the Earth), the energy that reaches sea level is 1,000 W/m^2 . This is known as **reference radiation**. The higher the elevation of the surface from sea level, the greater the energy that reaches it.

When the sun is at 90° to the surface of the Earth, the rays have the shortest distance to travel to the surface. As the earth rotates on its axis, the angle of the sun to a given surface changes. The distance that rays have to travel to reach the surface increase depending on the angle. At a 30° angle, for instance, the distance increases twofold. At sunset, the distance increases up to 39 times. As this distance increases, the energy reaching the surface decreases. At a 30-degree angle, the energy reaching sea level is 730 W/m^2 (normally, two panels).

In addition to the intensity of solar rays, as expressed in W/m^2 , it is also important to know

է լուրջ վնաս հասցնել մարդկանց առողջությա-
նը և գույքին:

Օժանդակ կոնստրուկցիաներ կարող են օգտա-
գործվել նաև արևից եկող էներգիան առավե-
լագույնս որսալու նպատակով պանելների
դիրքի լավագույն կողմնորոշման համար:
Դրանք, սակայն, լրացուցիչ հանգույցներ են,
որոնց գեղագիտական ձևն ու այլ նկատառում-
ները արժանի են առանձին դիտարկման: Ճար-
տարապետներն այդ կոնստրուկցիաները շեն-
քի նախագծին ինտեգրելու ընտրության լայն
հնարավորություններ ունեն: Օրինակ՝ նրանք
կարող են ՖՎ օժանդակ կոնստրուկցիաները
համատեղել տանիքի տարրերի, այլ կրող
կոնստրուկցիաների կամ շենքի արտաքին
կոնստրուկցիաների հետ:

Աշխարհում և Հայաստանում արևային էներգիայի ներուժի բնութագիրը

Արեգակնային ճառագայթներն անցնում են
տիեզերքով և դրանց որոշ մասը թափանցում է
Երկրի մթնոլորտ: Նախքան մթնոլորտի միջով
անցնելն Արեգակին ուղղահայաց 1 մ² մակերե-
սով տարածքի միջով անցնող էներգիայի քա-
նակը հավասար է 1,366 Վատտ մեկ քառակու-
սի մետրի վրա ($Վտ/մ^2$): Սա հայտնի է որպես
արեգակնային հաստատուն:

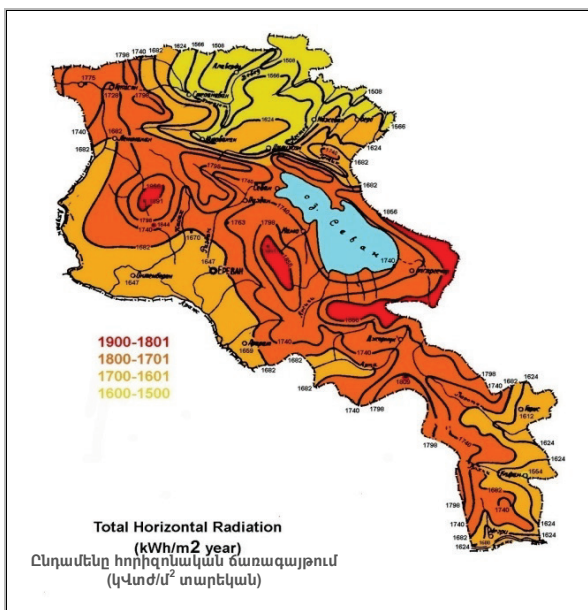
Երբ Արեգակի ճառագայթները ներթափան-
ցում են Երկրի մթնոլորտ և անցնում են մթն-
ոլորտային զանգվածի միջով, այդ էներգիան
նվազում է: Լիովին արևոտ օրվա ժամանակ,
երբ Արեգակը գտնվում է գեոհորիզում (այսինքն՝
երբ Արեգակի դիրքը Երկրի մակերեսի նկատ-
մամբ գտնվում է 90 աստիճանի անկյան տակ)
ծովի մակարդակին հասնող էներգիան հավա-
սար է 1,000 Վտ/մ²: Սա հայտնի է որպես **հղու-
մային ճառագայթում**: Որքան ծովի մակարդա-
կից բարձր է տվյալ մակերեսի բարձրությունը,
այնքան մեծ է դրան հասնող էներգիան:

Երբ Արեգակի դիրքը Երկրի մակերեսի նկատ-
մամբ գտնվում է 90° անկյան տակ, ապա ճա-
ռագայթները հասնում են մակերեսին ամենա-
կարճ ճանապարհով: Զանի որ Երկիրը
պտտվում է իր առանցքի շուրջ, ապա տվյալ
մակերեսի հարթության նկատմամբ ճառագայ-
թի անկյունը փոխվում է: Արեգակի ճառա-
գայթների անկյունից է կախված դրանց՝ մակե-
րեսին հասնելու հեռավորությունը: Օրինակ՝
30° անկյան տակ այդ հեռավորությունը
կրկնակի ավելանում է: Արևամուտին այդ հե-
ռավորությունն ավելանում է մինչև 39 անգամ:
Հեռավորության ավելացմանը զուգահեռ նվա-
զում է Երկրի մակերևույթին հասնող էներգի-
ան: Ծովի մակերևույթին 30 աստիճանի

the amount of energy available over a certain period of time, e.g. the reference radiation of $1,000 \text{ W/m}^2$ yields energy of 1,000 Watt-hours (Wh) per square meter in a one-hour period. This can be expressed as 1 kWh/m^2 . This means that the energy available to be converted to electricity or heat by a solar device is 1 kilowatt-hour per square meter (kWh/m^2) of surface area.

Over a one year period, solar irradiation (also known as **insolation**) in Yerevan totals roughly $1,650 \text{ kWh/m}^2$. In Armenia this figure ranges from 1,500 to $1,900 \text{ kWh/m}^2$ per year (Figure 7). In contrast, most northern European countries have much lower rates of annual insolation. In Germany, for instance, this number averages at $1,100 \text{ kWh/m}^2$ per year (Figure 8). The same map shows that some parts of southern Europe, northern Africa, and the Middle East reach solar irradiation rates as high as $2,200 \text{ kWh/m}^2$ per year.

Figure 7. Solar irradiation throughout Armenia (kWh/m^2 per year)



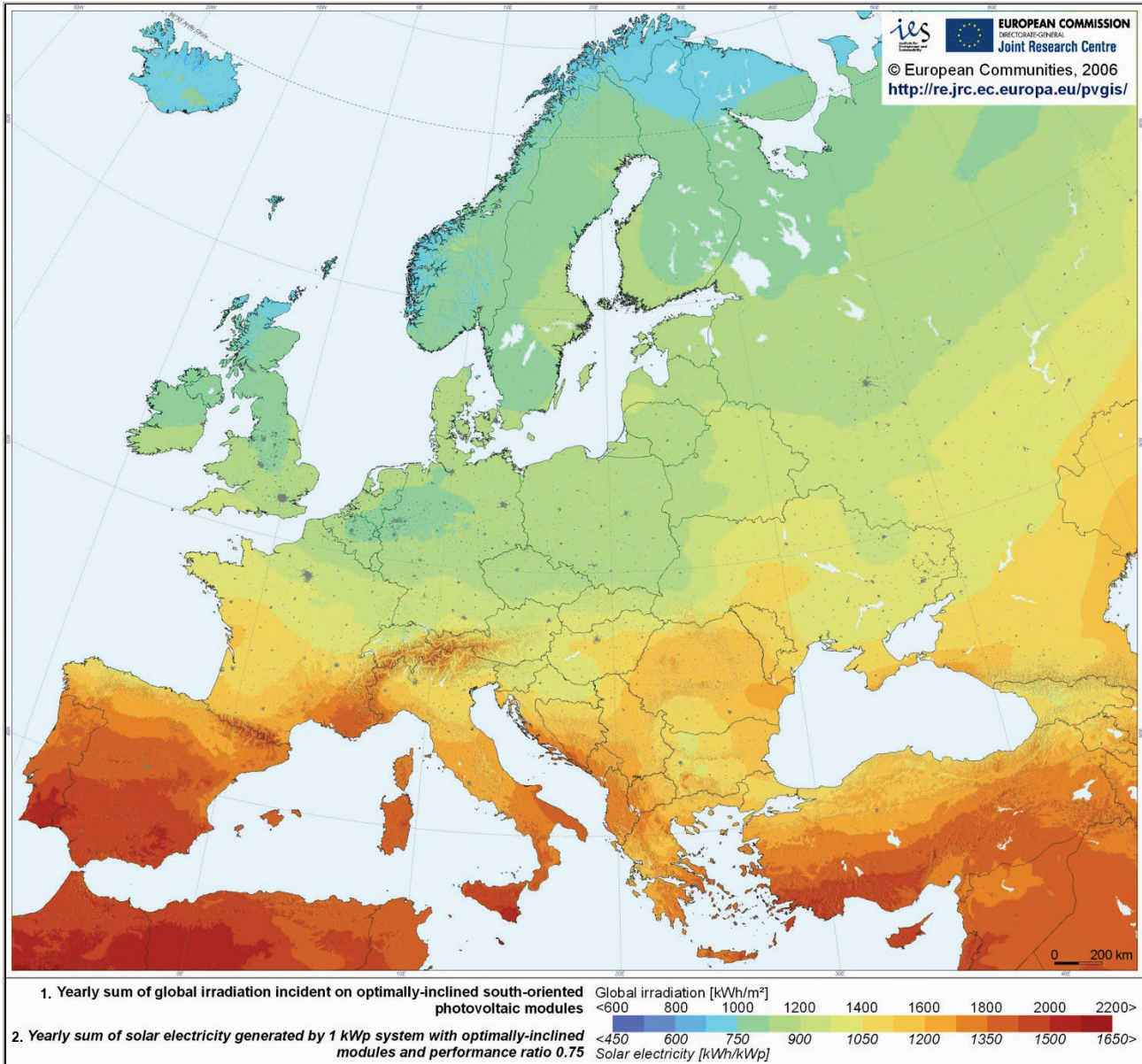
Նկար 7. Հայաստանի տարածքում արեգակնային ճառագայթման արժեքները (kWh/m^2 տարեկան):

անկյան տակ հասնող էներգիայի քանակը 730 kWh/m^2 է (սովորաբար՝ երկու պանել):

Բացի արևի ճառագայթների ինտենսիվությունից, որն արտահայտվում է kWh/m^2 -ով, կարևոր է նաև իմանալ որոշակի ժամանակահատվածում առկա էներգիայի քանակի մասին: Այնպես որ, օրինակ, $1,000 \text{ kWh/m}^2$ հղումային ճառագայթման դեպքում մեկ քառակուսի մետրի վրա մեկ ժամվա ընթացքում ստացվող էներգիան հավասար է $1,000$ վատտ ժամի (Վտժ): Սա կարող է արտահայտվել այսպես՝ 1 kWh/m^2 : Սա նշանակում է, որ արևային սարքի կողմից էլեկտրական կամ ջերմային էներգիա ստանալու համար առկա էներգիան հավասար է 1 kWh ժամի՝ մեկ քառակուսի մետր մակերեսից (kWh/m^2):

Երևանում մեկ տարվա ընթացքում ընդհանուր արեգակնային ճառագայթումը (նաև կոչվում է **ինսոլացիա**) կազմում է մոտ $1,650 \text{ kWh/m}^2$: Հայաստանում այդ ցուցանիշը տատանվում է տարեկան $1,500$ -ից մինչև $1,900 \text{ kWh/m}^2$ միջակայքում (նկ. 7): Համեմատության համար՝ Հյուսիսային Եվրոպայի երկրների մեծ մասում տարեկան արեգակնային ինսոլացիան շատ ավելի ցածր է: Գերմանիայում, օրինակ, այս ցուցանիշը կազմում է միջինը $1,100 \text{ kWh/m}^2$ մեկ տարվա ընթացքում (նկ. 8): Նույն քարտեզում ցույց է տրված, որ Հարավային Եվրոպայի, Հյուսիսային Աֆրիկայի և Մերձավոր Արևելքի որոշ հատվածներում արեգակնային ճառագայթումը հասնում է տարեկան մոտ $2,200 \text{ kWh/m}^2$:

Figure 8. Solar Radiation for European countries (kWh/m² per year).



1. Դեպի հարավ կողմնորոշված օպտիմալ թեքությամբ ֆոտովոլտային մոդուլների ընդունած՝ ընդամենը տարեկան ճառագայթություն. գլոբալ ճառագայթություն (կՎտժ/մ²)

2. Օպտիմալ թեքությամբ 0.75 արդյունավետության գործակցով ֆոտովոլտային մոդուլների 1 կՎտ_{գաղափ} համակարգի արտադրած ընդամենը տարեկան արևային էլեկտրաէներգիա. արևային էլեկտրաէներգիա (կՎտժ/կՎտ_{գաղափ})

Նկար 8. Արեգակնային ճառագայթումը եվրոպական երկրներում՝ կՎտժ/մ² տարեկան:

Seasonality and weather conditions also have an impact on the solar radiation reaching a surface. One can see the extent of variation in solar irradiation from month to month in data provided by the Yerevan solar monitoring station at the American University of Armenia. In July, the solar irradiation is above 229 kWh/m², while in the January it is 32 kWh/m² (Figure 9), a sevenfold difference.

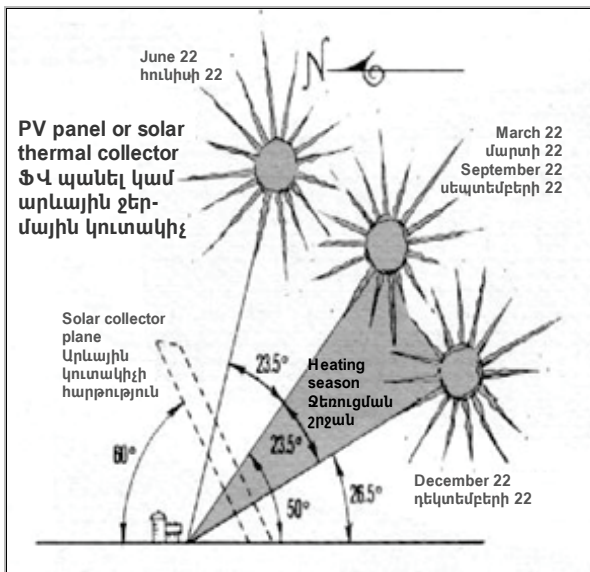
Սեզոնայնությունը և եղանակային պայմանները նույնպես ազդում են ցանկացած մակերևույթին հասնող արեգակնային ճառագայթման քանակի վրա: Հայաստանի Ամերիկյան համալսարանի Արեգակնային մոնիթորինգի կայանի կողմից տրամադրված տվյալները ցույց են տալիս Երևանում արեգակնային ճառագայթման ամսական տատանումները: Հուլիսին արեգակնային ճառագայթումը 229 կՎտժ/մ²-ից բարձր է, իսկ հունվարին այն կազմում է 32 կՎտժ/մ² (նկ. 9)՝ տարբերությունը 7 անգամ է:

Of course, at night, there is no solar radiation; therefore, no solar energy is available. All of these factors describe what is meant by the intermittency of solar energy. However, despite this intermittency, solar energy (both as a source of electricity and as a source of thermal energy) remains a massive and untapped resource, a resource that can meet human energy needs several times over.

Application of Solar Systems at a Given Site

As discussed in the previous section, the potential for the use of solar energy is in part dependent on geographic location. However, there are many other site-specific and technical requirements for optimizing solar energy gain. This section will discuss these other important variables.

Figure 10. Sun in the sky during different seasons. It is essential to orient panels at a certain degree to the south. The exact angle depends on many factors, such as geographic location, desired output from panels, and aesthetic considerations



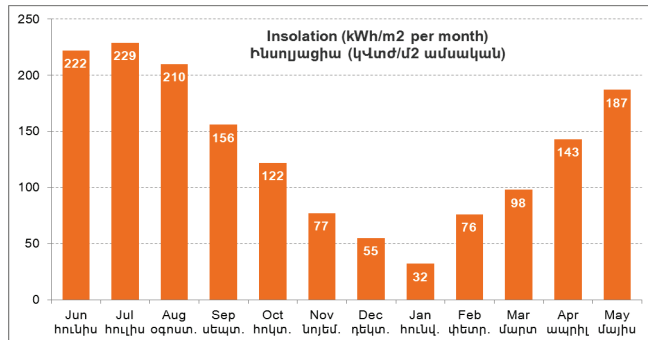
Նկար 10. Տարվա տարբեր եղանակներին երկնքում Արեգակի դիրքը: Կարևոր է պանելները կոնկրետ անկյան տակ կողմնորոշել՝ դեպի հարավ: Ճիշտ անկյան ընտրությունը կախված է շատ գործոններից՝ աշխարհագրական դիրք, պանելից սպասվող արտադրանք, գեղագիտական հարցեր:

A. Solar panel orientation

The orientation of solar-conversion devices (such as PV panels) is extremely important to harvest the maximum amount of energy from the sun. The first rule is to face solar

Figure 9. Monthly insolation (solar irradiation) rates in Yerevan

Source: Solar Monitoring Program, College of Science and Engineering, American University of Armenia



Աղբյուրը՝ Արեգակնային մոնիթորինգի ծրագիր, Հայաստանի ամերիկյան համալսարան, Գիտության և ճարտարագիտության ֆակուլտետ

Նկար 9. Ամսական ինսոլյացիայի (արեգակնային ճառանջեղության) քանակը Երևանում

Եվ, իհարկե, գիշերն արեգակնային ճառագայթում չկա և, հետևաբար, հասանելի արևային էներգիան հավասար է զրոյի: Այս ամենով բացատրվում է արևային էներգիայի փոփոխական բնույթը: Չնայած նման փոփոխականությանը՝ արևային էներգիան (և՛ որպես էլեկտրաէներգիայի, և՛ որպես ջերմային էներգիայի աղբյուր) հսկայական քանակի և դեռևս չօգտագործված պաշար է՝ մի պաշար, որը մի քանի անգամ ավելի է, քան ամբողջ մարդկության էներգետիկ պահանջարկը:

Արևային համակարգի կիրառումը տվյալ վայրում

Նախորդ բաժնում ներկայացված նյութից երևում է, որ արևային էներգիայի օգտագործման պոտենցիալը մասամբ կախված է տվյալ վայրի աշխարհագրական դիրքից: Բացի այդ, կան տեղանքին բնորոշ և տեխնիկական շատ այլ պահանջներ, որոնք կարող են առավելագույնի հասցնել օգտակար նպատակներով արևային էներգիայի կիրառումը: Այս բաժնում կքննարկվեն այդ մյուս կարևոր փոփոխականները:

Ա. Արևային պանելների դիրքի կողմնորոշումը

Արեգակից առավելագույն քանակությամբ էներգիա որսալու համար արևային փոխակերպիչ սարքի (օրինակ՝ ՖՎ պանելների) դիրքի կողմնորոշումը չափազանց կարևոր է: Ըստ առաջին կանոնի՝ արևային պանելները պետք է նայեն հասարակածի ուղղությամբ: Եթե գտնվում են հյուսիսային կիսագնդի որևէ երկրում՝ ինչպես Հայաստանը, ապա արևելքից արևմուտք գնացող Արեգակն անցնում է հիմնականում հարավային ուղղով և, հատկապես ձմեռային ամիսներին՝ խիստ հարավային

panels in the direction of the equator. If you are located in a country in the northern hemisphere (such as in Armenia), with the sun traveling east to west, sunlight will be mostly southerly, particularly in winter (Module 4 on passive solutions and building orientation). For this reason, designs for solar PV panel installations on buildings in most northern hemisphere countries are oriented towards the south (Figure 10).

B. Angle of solar panels

Once panels are facing south, we still need to decide at which angle the panels would be placed facing south. Should it be tilted 10 degrees from a horizontal surface to the south, 45 degrees, or 90 degrees? Figure 10 shows the optimal angles for harvesting the maximum solar energy during a year. As can be seen from Figure 11, in northern Europe, such as St. Petersburg or Stockholm, the optimal angle will be greater than 48 degrees. In southern Europe, northern Africa, and the Middle East, the optimum angle is between 26-30 degrees. In Armenia, the map states that 30 degrees south is the optimal angle on an annual basis (Figure 11).

Optimizing annual solar harvest may not be the primary objective of design; maximizing gain in a particular season (such as winter or summer) may be your objective. In that case, the angle of the panels would have to be adjusted accordingly. To see optimum angles for various design objectives, visit <http://solargis.info/>.

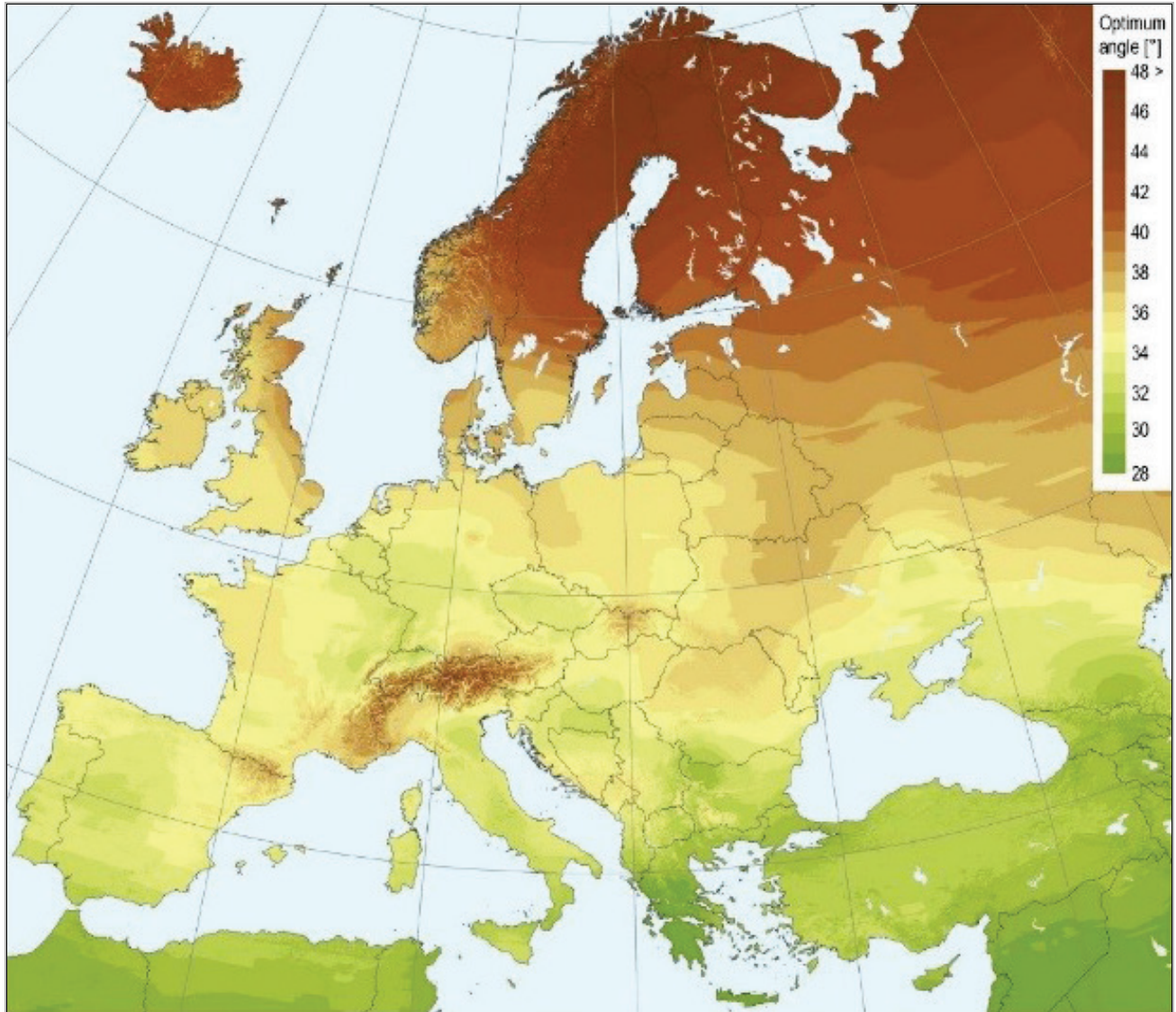
ուղով (Մոդուլ 4, Պասիվ լուծումներ և շենքի կողմնորոշում): Այդ իսկ պատճառով հյուսիսային կիսագնդի շատ երկրներում շենքերի վրա տեղակայված արևային ՖՎ պանելների դիրքը կողմնորոշվում է դեպի հարավ (Նկ. 10):

Բ. Արևային պանելների տեղադրման անկյունը

Պանելները հարավ նայող դիրքով տեղադրելուց հետո դեռ պետք է որոշենք, թե հարավի նկատմամբ ի՞նչ անկյան տակ պետք է պանելը կողմնորոշել: Պետք է այն թեքել հորիզոնի նկատմամբ դեպի հարավ 10 աստիճանի անկյան տակ, թե՞ 45 աստիճանով, կամ 90 աստիճանով: Նկ. 10-ում ներկայացվում է տարվա ընթացքում առավելագույն արևային էներգիա որսալու համար օպտիմալ անկյունները: Ինչպես երևում է Նկ. 11-ում՝ Հյուսիսային Եվրոպայում, օրինակ՝ Սանկտ Պետերբուրգում կամ Ստոկհոլմում, օպտիմալ անկյունը 48 աստիճանից մեծ է: Հարավային Եվրոպայում, Հյուսիսային Աֆրիկայում և Մերձավոր Արևելքում օպտիմալ անկյունը 26-30 աստիճանի միջակայքում է: Ըստ քարտեզի՝ Հայաստանում այդ անկյունը պետք է լինի 30 աստիճան, եթե ուզում ենք տարեկան կտրվածքով օպտիմալ քանկի արևային էներգիա որսալ (Նկ. 11):

Նկատի առնենք, որ արեգակնային էներգիայի կորզման օպտիմալացումն ամբողջ տարվա համար կարող է մեր նախագծի հիմնական նպատակը չլինել: Որոշ դեպքերում մեր նպատակը կարող է լինել Արեգակից առավելագույն էներգիա որսալը տարվա կոնկրետ ժամանակի ընթացքում (օրինակ՝ ձմռանը կամ ամռանը): Այդ դեպքում պանելների անկյունը պետք է համապատասխանաբար ճշգրտել: Տարբեր նախագծային նպատակների համար օպտիմալ անկյունները տեսնելու համար այցելեք <http://solargis.info/> կայքը:

Figure 11. Recommended angles of panels if the aim is to maximize solar gain



Նկար 11. Արեգակից առավելագույն քանակի էներգիա որսալու համար պանելների դիրքի առաջարկվող անկյունը:

It is possible to add technology to track the sun (both time of day and its seasonal angle). However, there are two factors to keep in mind with regard to solar tracking devices:

1. It is an expensive solution. You would have to invest in a support structure for rotating panels, as well as sensors that control the tracking. In addition to the upfront investment, you must also introduce mechanical moving parts, which would require maintenance and repairs. A tracking system like this will have to be well designed and constructed to sustain wind and other loads. Tracking solutions may increase the overall system cost by 35-50%, if not more. This increase may become even greater, as solar PV panel costs continue to decrease.

Իհարկե, կարելի է լրացուցիչ տեխնիկական լուծումների միջոցով հետևել Արեգակի շարժին (անկյունը հարմարեցնելով և՛ օրվա ժամերին, և՛ տարվա եղանակներին): Սակայն Արեգակի շարժին հետևող սարքերի առումով պետք է հաշվի առնել հետևյալ երկու գործոնները.

1. Դա թանկարժեք լուծում է: Պտտվող պանելները կրող կոնստրուկցիաները և հետևելու ընթացքը կառավարող սենսորները ներդրումներ են պահանջում: Բացի սկզբնական ներդրումներից, պտտվող մեխանիկական հանգույցները տեխնիկական սպասարկման և վերանորոգման կարիք կունենան: Չետևելու նման համակարգը պետք է նախագծվի ու կառուցվի այնպես, որ կարողանա դիմանալ քամու ճնշման բեռին և այլ ազդեցություններին: Չետևող համակարգով լուծումը կարող է ամբողջ համակարգի արժեքը մեծացնել 35-50%-ով,

2. The advantage achieved by tracking is relatively small, usually not more than around 15-25% of the total output. The reason for this is related to the fact that when the sun is not at its zenith, its rays need to pass through a thicker atmosphere layer and thus get attenuated. Therefore, by adding tracking devices, not only are the costs substantially increased, but the yield differential would not typically compensate for the additional cost.

Fortunately, architects almost never consider using tracking systems as elements, and instead use immovable components. However, if the architectural context dictates the implementation of tracking systems, the two aforementioned factors should be taken into account.

C. Placement of panels away from shade and shadows

The next important consideration is to provide a shadowless site for solar panels, so that there is no loss of energy output due to the shade provided by the surrounding buildings, trees, etc. See Figure 12 for examples of PV panels that are fully or partially shaded. Poor design and installation can also result in the PV panels themselves casting shadows on each other, a self-defeating outcome.



Եթե ոչ ավելի: Այս լրացուցիչ ծախսի մասնաբաժինը կարող է էլ ավելի մեծանալ, եթե հաշվի առնենք այն հանգամանքը, որ արևային ՖՎ պանելների գինը գնալով նվազում է:

2. Հետևող համակարգի առավելությունը համեմատաբար փոքր է՝ սովորաբար չի անցնում ընդհանուր արդյունքի 15-25%-ից: Պատճառն այն է, որ երբ Արեգակը գեոհորիզոնում չէ, ապա դրա ճառագայթումն անցնում է մթնոլորտի ավելի խիտ շերտերով և դրա հետևանքով նոսրանում է: Այսպիսով, հետևող սարք ավելացնելը ոչ միայն հանգեցնում է ծախսերի զգալի ավելացման, այլև ստացվող արդյունքի տարբերությունը չի հատուցում լրացուցիչ ծախսերը:

Բարեբախտաբար, ճարտարապետները գրեթե երբեք չեն դիտարկում հետևող համակարգերի օգտագործման անհրաժեշտությունը: Դրա փոխարեն նրանք գերադասում են անշարժ բաղադրիչները: Սակայն, եթե հետևող համակարգերի կիրառումը թելադրված է անհրաժեշտ ճարտարապետական լուծումներով, ապա նման դեպքերում պետք է հաշվի առնել նաև վերոհիշյալ երկու գործոնները:

Գ. Արևային պանելների տեղադրումը ստվերային տարածքներից հեռու

Հաջորդ կարևոր նկատառումը վերաբերում է արևային պանելներ տեղադրելու համար առանց ստվերի տեղանք ապահովելուն, որի շնորհիվ հնարավոր կլինի խուսափել շրջակա շենքերից, ծառերից և այլնից ընկնող ստվերներից առաջացող էներգիայի արտադրության կորուստներից:

Նկ. 12-ում բերվում են լիովին կամ մասնակիորեն ստվերի տակ հայտնված ՖՎ պանելների օրինակներ: Վատ նախագծի և տեղակայման վայրի պատճառով ՖՎ պանելները կարող են նույնիսկ ստվեր գցել միմյանց վրա և վատթարացնել իրենց արդյունավետությունը:

Figure 12. Shade cast on solar panels makes harvesting energy either impossible or sub-optimal, depending on the degree of shading

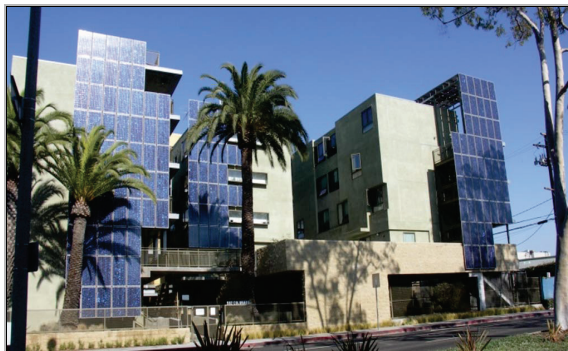
Նկար 12. Արևային պանելի վրա ընկնող ստվերը էներգիայի օգտագործումը դարձնում է կամ անհնար, կամ ոչ օպտիմալ՝ կախված ստվերի անկյունից:

In *top photo*, the PV panels are completely covered by tree shading.



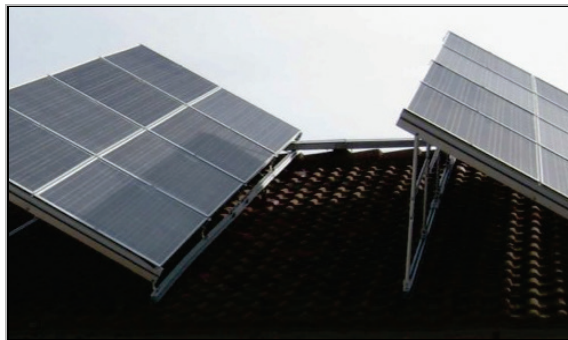
Վերին նկարում. ՖՎ պանելներն ամբողջությամբ ծածկված են ծառերի ստվերով:

In the *middle photo*, unlike the top photo, the PV panels are not fully covered. They are partially shaded, reducing the effective output of the system.



Մեջտեղի նկարում. Ի տարբերություն վերին նկարի՝ այստեղ ՖՎ պանելները կիսով չափ են ծածկված ստվերով, որի արդյունքում համակարգի արտադրողականությունը նվազում է:

In *bottom photo*, the PV panels are poorly spaced, shading each other.



Ստորին նկարում. ՖՎ պանելները վատ են տեղակայված և ստվերում են միմյանց: Ստվերման պատշաճ վերլուծության արդյունքում հնարավոր կլիներ խուսափել այս խնդրից:

D. Demand-specific considerations

In designing a solar PV system, the architect and engineer need to consider several additional factors related to the energy demand of a building. These additional factors include patterns of energy use in a building, load leveling or matching of the patterns of energy generation and consumption, and system optimization.

Patterns of Use: Proper sizing of the system defines how much energy is required to meet demands in a building. Energy could be used for lighting, washing, electronic devices, etc. An office or a university building will have very different energy use patterns than a residential building. Likewise, an industrial facility will have a very different en-

Դ. Պահանջարկին հատուկ նկատառումներ

Արևային ՖՎ համակարգ նախագծելու ժամանակ ճարտարապետը և ճարտարագետը պետք է հաշվի առնեն մի քանի լրացուցիչ գործոններ, որոնք առնչվում են շենքի էներգետիկ պահանջարկին: Դրանք առնչվում են շենքում էներգիայի օգտագործման պայմաններին, բեռի հավասարեցմանը կամ էներգիայի արտադրության և սպառման համապատասխանեցմանը, կամ համակարգի օպտիմալացմանը:

Օգտագործման պայմանները. Համակարգի ճշգրիտ չափերը որոշվում է՝ ելնելով շենքի համար անհրաժեշտ էներգիայի պահանջարկից: էներգիան կարող է օգտագործվել լուսավորության, լվացքի, էլեկտրական սարքերի և այլ նպատակներով: Գրասենյակի կամ համալսարանի շենքում էներգաօգտագործման

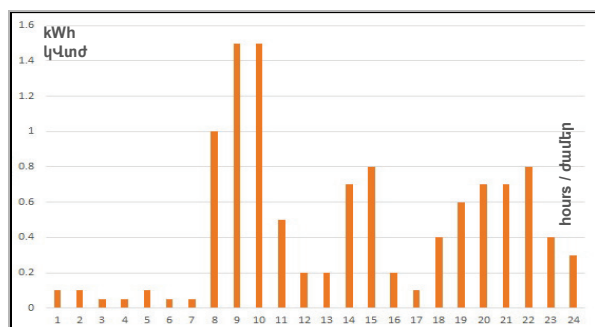
ergy demand pattern depending on what, when and how it produces.

An architect and a mechanical/electrical engineer need to understand these patterns to properly size and design a solar PV system and its components. Generally, energy demand in a building is determined by the following patterns:

- Daily - demand per hour of the day;
- Weekly - change of daily pattern across the days of the week;
- Monthly - changes across months as affected by seasonal or other factors;
- Seasonal - changes of monthly and all other demand patterns based on seasonal factors.

Load Leveling: Figure 13 shows how daily supply of solar energy from PV panels matches demand patterns of a residential unit for a mid-season day. As you can see, there are hours of the day where there is greater demand than supply and vice versa. Also, similar disparity exists between seasons. If you design your system to provide all of your winter needs, say in heating and lighting, you will have significantly excess capacity in all other seasons.

Figure 13. Schematic representation of hourly solar power supply and demand for energy in a household



Նկար 13. Տնային տնտեսությունում արևային էներգիայի արտադրության և էներգիայի պահանջարկի սխեմատիկ պատկերը՝ ըստ օրվա ժամերի:

- a) Storage of energy in batteries, to be used when there is a supply deficit (such as no sun or shady days). This is particularly useful when the costs of connecting to the national or local grid are costly. Keep in mind, however, that batteries do not have 100% efficiency,

պայմանները տարբերվում են բնակելի շենքի պայմաններից: Նույն կերպ էլ՝ արդյունաբերական ձեռնարկությունում էներգիայի պահանջարկի պայմանները կարող են միանգամայն տարբերվել՝ կախված սրանից, թե ինչ է արտադրվում և երբ:

Ճարտարապետը և ճարտարագետ մեխանիկը/էլեկտրիկը պետք է լավ հասկանան այս պայմանները, որպեսզի պատշաճ կերպով որոշեն արևային ՖՎ համակարգի և դրա բաղադրամասերի չափն ու կառուցվածքը: Շենքի էներգետիկ պահանջարկը սովորաբար որոշվում է մի շարք պայմաններից ելնելով: Դրանք բերված են ստորև.

- Օրական - օրվա կտրվածքով ժամային պահանջարկը,
- Շաբաթական - օրական պահանջարկի փոփոխությունը շաբաթվա տարբեր օրերի ընթացքում,
- Ամսական - տարբեր ամիսների ընթացքում փոփոխությունները՝ պայմանավորված սեզոնային կամ այլ գործոններով,
- Սեզոնային - ամսական և մյուս բոլոր տեսակի պահանջարկների փոփոխությունը՝ պայմանավորված սեզոնային գործոններով:

Բեռի հավասարեցում. Նկ. 13-ում բերված է միջին սեզոնային օրվա ընթացքում բնակելի տան պահանջարկի պայմանները ՖՎ պանելների միջոցով ստացվող արևի էներգիայով հավասարեցնելու մի օրինակ: Ինչպես տեսնում եք, օրվա ընթացքում կան ժամեր, երբ պահանջարկը գերազանցում է արտադրանքին և՛ հակառակը: Նման անհավասարություն կա նաև տարվա տարբեր եղանակների միջև: Եթե համակարգը նախագծում եք ձմռան ամբողջ, ասենք՝ ջեռուցման և լուսավորության պահանջարկը բավարարելու համար, ապա մյուս բոլոր եղանակների ընթացքում ավելցուկ հզորություններ կունենաք:

Առաջարկի ու պահանջարկի միջև այս անհամապատասխանությունը հասկանալու համար պետք է դիտարկել հետևյալ լուծումները.

- ա) էներգիայի կուտակում մարտկոցներում՝ մատակարարման սղության դեպքում (արևի բացակայության կամ ամպամած օրերին): Սա հատկապես օգտակար լուծում է, երբ կենտրոնական կամ տեղական ցանցին միանալը թանկ է: Սակայն հիշենք, որ մարտկոցների արդյունավետության գործակիցը 100% չէ: Սա նշանակում է, որ

i.e. batteries do not give back all of the energy sent to them. When they are new they retain about 90% of the energy supplied. As they age, this may go down to 40%, with a lifetime average of 60%. Moreover, they are often expensive and have environmental hazards when discarded.

- b) Selling electrical energy to the national grid through net metering. When the household does not use generated energy, it is not lost but goes to the utility through a two-sided meter, allowing you to use your own generated power at any convenient time. This way the capacity usage factor (or simply the capacity factor) of the system is being increased to its full potential.

System optimization: It is important to take into consideration that aiming to provide all the demand in all seasons from sunlight through your system might not be optimal. You will have to have a system that is very big; its generation will be merely adequate during the down season, e.g. winter in the northern hemisphere. During all other seasons you may have extra generation that you need to sell, otherwise it will be lost.

In very large projects, it would make sense to have an engineer run simulations to identify optimal solutions. An engineer should be able to simulate the particular application using software, such as Energy 10, Trnsys, etc., that accounts for geography, building orientation, weather conditions (temperature, humidity, etc.) and seasonal data to offer optimal solutions.

E. Sizing the system

To know what your costs will be depends on the size and type of solar system installed. To determine this, the following information has to be obtained:

1. Define consumption patterns as described above, i.e. how much energy you need on a daily basis. Solar PV panels can provide power for electricity needs, which can include heating of water or space. Keep in mind, however, that the space and water-heating need may be best met through solar-thermal collectors discussed below. One also needs to remember that space-heating needs are the most important at the periods when there is not much sun, making this demand more suit-

մարտկոցները ստացած էներգիան վերադարձնում են ոչ ամբողջությամբ: Այսօրվա դրությամբ դրանք կարող են պահպանել ստացված էներգիայի միայն 90%-ը: Հետագայում ընթացքում այս ցուցանիշը կարող է իջնել մինչև 40%, իսկ դրանց կյանքի ընթացքում միջին ցուցանիշը 60% է: Ավելին, դրանք հաճախ թանկ արժեն և դեն նետելու դեպքում կարող են սպառնալ շրջակա միջավայրին:

- բ) **Էներգիայի վաճառքը կենտրոնական ցանցին՝ «գուտ հաշվառման» հաշվիչի միջոցով:** Միաժամանակ, արտադրված էներգիան տնային տնտեսության կողմից չսպառելու դեպքում չի կորչում, այլ երկկողմանի հաշվիչի միջով գնում է դեպի բաշխիչ ցանց՝ թույլ տալով ձեր կողմից արտադրված էներգիան օգտագործել ցանկացած հարմար պահին: Այս ճանապարհով համակարգի հզորության օգտագործման գործակիցը (կամ պարզապես՝ հզորության գործակիցը) ավելանում է՝ հասնելով առավելագույն հնարավոր մակարդակին:

Համակարգի օպտիմալացում. Շատ կարևոր է հաշվի առնել այն հանգամանքը, որ արևի էներգիայի համակարգի միջոցով ձեր ամբողջ պահանջարկը տարվա բոլոր եղանակներին բավարարելու տարբերակը կարող է լինել ոչ օպտիմալ: Այդ դեպքում դուք կունենաք մի այնպիսի համակարգ, որը շատ մեծ է, և դրա արտադրած էներգիայի քանակը համարժեք կլինի միայն ցուրտ եղանակի համար, օրինակ՝ ձմռանը՝ հյուսիսային կիսագնդում, իսկ մնացած բոլոր եղանակներին կարող եք ունենալ էներգիայի ավելցուկ, որը ստիպված կլինեք վաճառել, այլապես այն կարող է կորչել:

Շատ մեծ նախագծերի դեպքում խելամիտ կլիներ, որ օպտիմալ լուծում գտնելու համար ճարտարագետը մոդելավորեր համակարգը: Ճարտարագետը պետք է կարողանա մոդելավորել տվյալ համակարգի կիրառումը՝ օգտագործելով, օրինակ՝ Energy 10, Trnsys և այլ ծրագրային փաթեթներ, որոնք հաշվարկելով աշխարհագրական, շենքի կողմնորոշման, եղանակային պայմանների (ջերմաստիճան, խոնավություն, և այլն) և սեզոնի տվյալները՝ օպտիմալ լուծումներ են առաջարկում:

Ե. Համակարգի չափերի որոշումը

Ձեր ծախսերի մասին պատկերացում կազմելու համար անհրաժեշտ է իմանալ տեղադրվող արևային համակարգի չափը և տեսակը: Դա որոշելու համար անհրաժեշտ է ձեռք բերել հետևյալ տեղեկությունները.

- able for mid-season, i.e. spring and fall.
2. Decide if your system will be grid connected or not.
 3. Define the components of the system and their size, and match the components of the system with the architectural concept that you have. Importantly, make a decision on the area of the solar panels that will need to be installed on the rooftops, facades, or solar trees. Do not forget that, depending on your architectural solutions to the type of panels you decide to install, you may need to have a type of panel that has higher or lower efficiency, thus requiring a differently sized area.
 4. Consider financial issues: higher efficiency panels have higher prices. Consider price per peak power: $\$/W_{\text{peak}}$. Today, prices range from as low as $\$0.4/W_{\text{peak}}$ for conventional silicon cells at low efficiency, to $\$4-40/W_{\text{peak}}$ for thin-film, specialty (e.g. multi-junction) modules, as well as for higher efficiency.
 5. You may need to go through a second iteration to match a solar system with your architectural idea.



1. Որոշել էներգասպառման վերը նկարագրված պայմանները: Որքա՞ն էներգիա է ձեռք բերվում օրական կտրվածքով: Նշենք, որ արևային ֆոտովոլտայիկ պանելները կարող են բավարարել էլեկտրաէներգիայի կարիքները, որոնք, անշուշտ, կարող են ներառել նաև ջրի կամ տարածքի ջեռուցումը: Հիշեք, սակայն, որ տարածքի ջեռուցման և տաք ջրի կարիքները կարող են լավագույնս բավարարվել ստորև քննարկվող արևային ջերմային կոլեկտորների միջոցով: Միևնույն ժամանակ պետք է հիշել, որ տարածքի ջեռուցումը ամենաանհրաժեշտ բանն է այն ժամանակ, երբ արևը շատ քիչ է, որն այս տարբերակը ավելի կիրառելի է դարձնում միջին եղանակների ժամանակ, այսինքն՝ գարնանը և աշնանը:
2. Որոշել, թե ձեր համակարգը միանալու՞ է ցանցին, թե՞ ոչ:
3. Որոշել, թե ինչպիսի՞ն են լինելու համակարգի բաղադրիչներն ու դրանց չափերը և համակարգի բաղադրիչները հարմարեցնել ձեր ճարտարապետական հայեցակարգին: Կարևոր է նաև արևային պանելների տեղադրման վայրի ընտրությունը՝ տանիքին, շենքի ճակատին, կամ արևային ծառերի վրա: Մի մոռացեք, որ տեղադրվող պանելների տեսակի ընտրության ճարտարապետական լուծումներից կախված կարող եք ունենալ արդյունավետության մեծ կամ փոքր գործակցով պանելներ, հետևաբար՝ ավելի մեծ կամ փոքր տարածքի կարիք:

4. Հաշվի առնել ֆինանսական հարցերը. որքան բարձր է պանելի արդյունավետության գործակիցը, այնքան դրա գինը բարձր է: Հաշվի առնել գինը ըստ պիկային էներգիայի՝ $\$/\text{կտ}_{\text{պիկային}}$: Ներկա դրությամբ այդ գինը տատանվում է սկսած $\$0.4/\text{կտ}_{\text{պիկային}}$ ցածր արդյունավետությամբ սովորական սիլիցիումային բջիջների համար և հասնում է մինչև $\$4-40/\text{կտ}_{\text{պիկային}}$ նրբաթաղանթ, յուրահատուկ (բազմաֆունկցիոնալ) մոդուլների, ինչպես նաև բարձր արդյունավետությամբ արտադրանքի համար:

5. Կարող է անհրաժեշտ լինել երկրորդ անգամ կրկնել հաշվարկները՝ արևային համակարգը ձեր ճարտարապետական մտահղացումներին համապատասխանեցնելու համար:

SOLAR-THERMAL COLLECTORS

ԱՐԵՎԱՅԻՆ ԶԵՐՄԱՅԻՆ ԿՈՆԵԿՏՈՐՆԵՐ

While PV technologies use sunlight to generate electricity, solar-thermal technologies capture the sun's heat and transfer it for use in a building. The most common use of captured heat is to heat space or water. Much less common is using captured heat to cool buildings - this is done through the use of desiccant cooling technologies.⁴ It is also possible, although not very commonly done at the building scale, to use the heat to generate electricity. In this module we will focus on solar-thermal collectors both as flat panels and evacuated tubes (Figure 14).

ՖՎ տեխնոլոգիաներն արևի լույսի միջոցով էլեկտրաէներգիա են արտադրում, իսկ արևային ջերմային տեխնոլոգիաները կորզում են արևի ջերմությունը, որն օգտագործվում է շենքի կարիքների համար: Որսած ջերմության օգտագործման ամենատարածված ձևը տարածքի կամ ջրի տաքացումն է: Թեև դա այնքան էլ շատ չի կիրառվում, սակայն որսած ջերմությունը կարող է օգտագործվել նաև շենքի հովացման նպատակով: Դա կատարվում է խոնավակլանիչ հովացման տեխնոլոգիաների միջոցով⁴: Հնարավոր է նաև, թեև շենքի մակարդակով ոչ շատ հաճախ, որ այդ ջերմային էներգիան օգտագործվի էլեկտրաէներգիայի ար-

Figure 14. Solar-thermal collectors come in two types: flat panel (left) and evacuated tube (right)



Նկար 14. Արևային ջերմային կոլեկտորները լինում են երկու տեսակ՝ հարթ պանելներ (ձախից) և վակուումային խողովակներ (աջից):

The main difference between the two is that, unlike flat panels, the pipes in evacuated-tube systems are placed in vacuum compartments (“tubes”), thus eliminating the losses associated with air convection. Evacuated tubes achieve temperatures at a higher capacity factor, i.e. more operational hours at the same geographical location (see Figures 15 and 16 for details on the two types of solar-thermal collectors).

Solar-thermal collectors are similar to greenhouses, where higher temperatures are achieved due to blocking convection losses through glass insulation. Additionally, solar-

տադրության համար: Այս մոդուլում մենք հիմնականում կդիտարկենք արևային ջերմային կոլեկտորները՝ և՛ հարթ պանելների, և՛ վակուումային խողովակների տեսքով (նկ. 14):

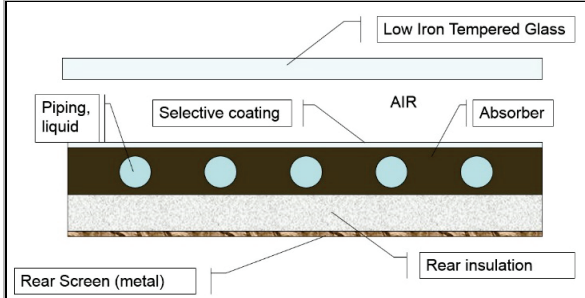
Այդ երկուսի միջև հիմնական տարբերությունն այն է, որ, ի տարբերություն հարթ պանելների՝ վակուումային խողովակով համակարգերում խողովակները տեղադրված են վակուումային անոթների («խողովակների») մեջ, դրանով իսկ վերացնելով օդային կոնվեկցիային առնչվող կորուստները: Վակուումային խողովակներով կարելի է ստանալ ջերմաստիճանի ավելի բարձր արժեք, այսինքն՝ լինելով միևնույն աշխարհագրական դիրքում՝ ունենալ ավելի

⁴ For more on desiccant cooling, visit www.solair-project.eu.

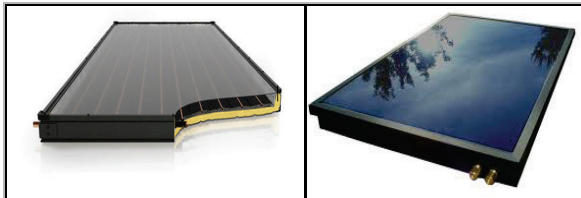
Խոնավակլանիչ հովացման տեխնոլոգիաների մասին ավելի մանրամասն տես այստեղ. www.solair-project.eu

thermal collector panels block rear convection losses and infra-red back radiation from the absorber that has become hot due to solar radiation.

Figure 15. Typical design of a flat-panel solar-thermal collector



կովիված ապակի երկաթի ցածր պարունակությամբ, հեղուկատար խողովակներ, ընտրված տեսակի ծածկ, օդ, կլանիչ, թիկունքային էկրան (մետաղյա), թիկունքային մեկուսացում



Նկար 15. Հարթ պանելով արևային ջերմային կոլեկտորի տիպային սխեմա (կարդալ տող առ տող)

The temperature of any construction or body is a result of equilibrium between input and output energy forms. Inputs are usually through solar radiation or other sources, such as hot winds. Outputs are through convection, reflection, contact-heat transfer and infrared radiation. Like greenhouses, solar-thermal collectors have higher temperatures inside as they shift the balance towards higher temperatures by blocking or substantially decreasing the convection process.

Integration of solar-thermal collector technologies into building components and building design is more limited than for PV. This is because solar-thermal panels are significantly heavier. While standard, rigid PV panels weigh around 14 kg per square meter, solar-thermal collector panels weigh 25 kg or more per square meter. In addition, solar-thermal collectors are much thicker and need plumbing connections.

շատ աշխատանքային ժամեր (սկ. 15 և 16-ում բերված են արևային ջերմային կոլեկտորների երկու տեսակներին վերաբերող մանրամասներ):

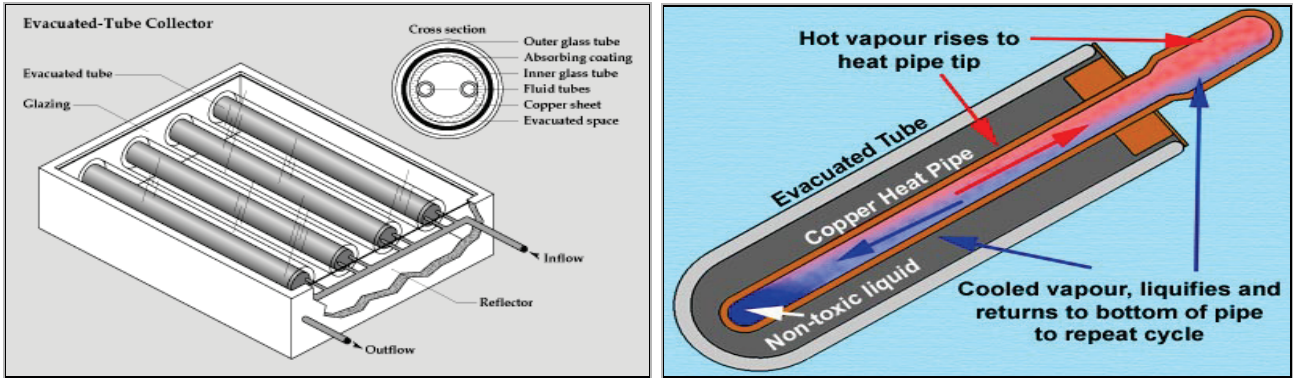
Արևային ջերմային կոլեկտորները նման են ջերմոցների, որտեղ բարձր ջերմաստիճանն ապահովվում է ապակու մեկուսիչ ծածկի օգնությամբ կոնվեկցիոն կորուստների արգելափակման միջոցով: Բացի այդ, արևային ջերմային պանելներն արգելափակում են թիկունքային կոնվեկցիոն կորուստները և արեգակնային ճառագայթման շնորհիվ՝ տաքացած կլանիչներից հետադարձ ինֆրակարմիր ճառագայթումը:

Ցանկացած կոնստրուկցիայի կամ մարմնի ջերմաստիճանը նրա ընդունած և արձակած էներգիայի տեսակների հավասարակշռության արդյունք է: Ջերմությունը սովորաբար հաղորդվում է արևային ճառագայթման և այլ աղբյուրների միջոցով, ինչպիսիք են տաք քամիները: Էներգիան դուրս է գալիս կոնվեկցիայի, արտացոլման, ջերմահաղորդականության և ինֆրակարմիր ճառագայթման միջոցով: Արևային ջերմային կոլեկտորներում՝ ջերմատան նման, ներսի ջերմաստիճանն ավելի բարձր է, քանի որ այնտեղ ջերմությունը գնալով ավելանում է կոնվեկցիայի երևույթի արգելափակման կամ էապես նվազեցման հետևանքով:

ՖՎ համակարգերի համեմատությամբ՝ արևային ջերմային կոլեկտորի տեխնոլոգիաները շինարարական բաղադրիչների մեջ և շենքի նախագծին ինտեգրելու հնարավորությունն ավելի սահմանափակ է: Պատճառն այն է, որ արևային ջերմային պանելները զգալիորեն ավելի ծանր են: Մեկ քառակուսի մետր կոշտ ՖՎ պանելների ստանդարտ քաշը մոտ 14 կգ է, իսկ մեկ քառակուսի մետր արևային ջերմային կոլեկտորների քաշը հասնում է 25 կգ, կամ ավելի: Բացի այդ, արևային ջերմային կոլեկտորները շատ ավելի հաստ են և դրանց միացման համար խողովակներ են անհրաժեշտ:

Արևային ջերմային կոլեկտոր համակարգերը հիմնականում լինում են երկու տեսակի, մեկը՝ նախատեսված 0-ից ցածր, իսկ մյուսը՝ 0-ից բարձր ջերմաստիճանների համար:

Figure 16. Typical design of an evacuated-tube solar-thermal collector



Վակուումային խողովակով կոլեկտոր. վակուումային խողովակ, ապակեպատում, ներհուջ, անդրադարձիչ, արտահոսք Լայնական հատույթ. արտաքին ապակե խողովակ, կլանող ծածկույթ, ներքին ապակե խողովակ, հեղուկատար խողովակներ, պղնձե թիթեղ, վակուումացված ծավալ

Տաք գոլորշին բարձրանում է և տաքացնում ջեռուցման խողովակի վերին հատվածը, վակուումային խողովակ, պղնձե ջեռուցման խողովակ, ոչ թունավոր հեղուկ, գոլորշին խտուցքի տեսքով դառնում է դեպի խողովակի հատակը և կրկնում շրջապտույտը



Նկար 16. Վակուումային խողովակով արևային ջերմային կոլեկտորի տիպային սխեմա:

Solar-thermal collector systems have two major types of configuration, one where there are freezing temperatures and the other where there are no freezing temperatures.

If there is water inside the solar-thermal collector and the temperature is below 0°C, the panels are jeopardized as the freezing water expands, leading to pipe cracks. To avoid this situation, antifreeze is used in a closed loop, and the heat has been transferred for use through a heat exchanger. Fortunately, these heat exchangers have very high levels

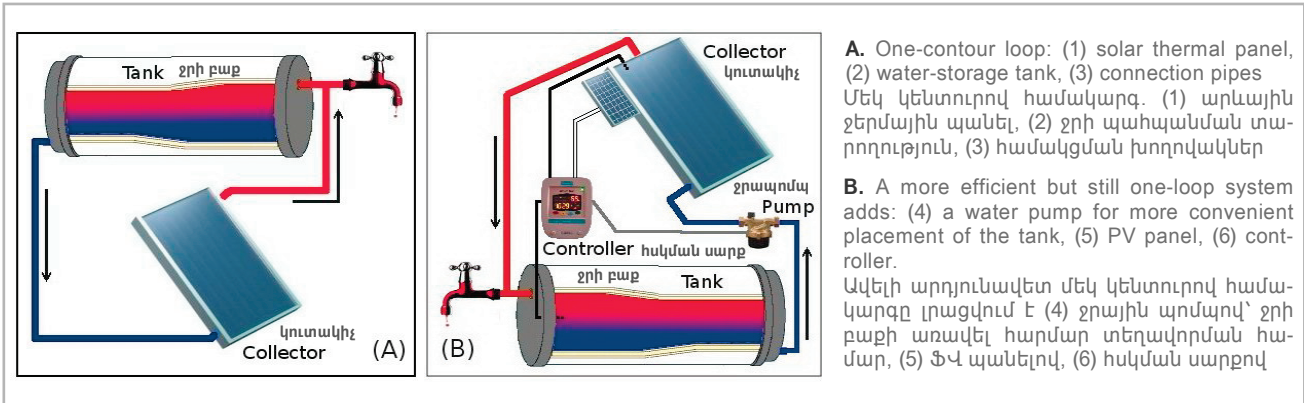
Եթե արևային ջերմային կոլեկտորի ներսում ջուր կա և ջերմաստիճանը ցածր է 0°C-ից, ապա պանելները հայտնվում են խափանման վտանգի տակ, քանի որ սառչող ջուրն ընդարձակվում է և խողովակների վրա ճաքեր առաջացնում: Նման իրավիճակից խուսափելու համար առաջին կոնստուկտը լցվում է անտիֆրիզով (չսառչող հեղուկ), իսկ ջերմության փոխանցումը երկրորդ կոնստուկտին կատարվում է ջերմափոխանակիչ սարքի միջոցով: Բարեբախտաբար, այս ջերմափոխանակիչների արդյունավետությունը շատ բարձր է, իսկ կորուստները՝ չնչին:

of efficiency, so losses on them are actually negligible.

If there is no danger of freezing temperatures, the solar-thermal collector system is basically one contour (loop), convection driven (no pumps needed, and the tank is over the panel). The design consists of the following components (Figure 17).

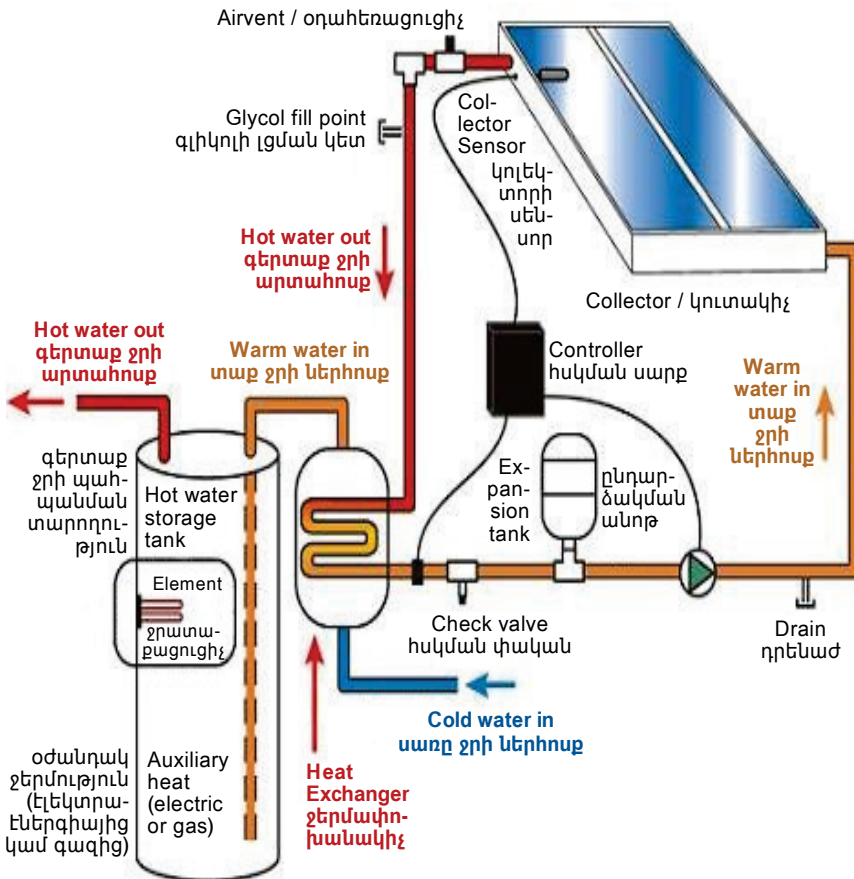
Եթե չրի սառչելու վտանգ չկա, ապա արևային ջերմային կոլեկտոր համակարգը հիմնականում ունենում է մեկ կոնտուր և ջրի շրջանառությունը կատարվում է ինքնաշրջանառությամբ՝ կոնվեկցիայի շնորհիվ (պոմպի կարիք չկա, տարողությունը տեղադրված է պանելից վերև): Նման համակարգը կազմված է հետևյալ բաղադրիչներից (նկ. 17):

Figure 17. Two types of one-contour loop systems. Option A relies on movement of the liquid through convection, i.e. no pumps needed. Option B adds a pump, which gives greater flexibility in the location of the water tank.



Նկար 17. Մեկ կոնտուրով համակարգերի երկու տեսակ: **Ա** տարբերակում հեղուկը շարժվում է կոնվեկցիայի շնորհիվ, այսինքն՝ առանց պոմպի օգնության: **Բ** տարբերակում պոմպ կա, որը ջրի տարողության տեղադրման վայրի ընտրության ավելի մեծ ճկունություն է ապահովում:

Figure 18. A dual-loop system



Նկար 18. Երկու կոնտուրով համակարգ

If vacuum-tube panels are used, it is possible to have a one-loop configuration in non-freezing climates. Evidence shows that automatic control and an auxiliary heater might be optimal in contrast to two loops, and an antifreeze-loaded system.

Assessing the potential of a given site for using solar-thermal collectors follows the same logic as that of PV. See “Solar Potential in the World and in Armenia”, above, for critical factors to consider in the location and installation of solar panels.



գործոնների մասին տե՛ս վերը ներկայացված գիայի ներուժի ընդհանուր բնութագիրը»:

Վակուումային խողովակով պանելի կիրառման դեպքում՝ չսառչող կլիմայական պայմաններում հնարավոր է ունենալ մեկ կոնտուրով կուտակիչ: Առկա է որոշակի փորձ, որը ցույց է տալիս, որ ավտոմատ կառավարման և օժանդակ տաքացման սարքերով կահավորված միակոնտուր համակարգը կարելի է կիրառել որպես տարբերակ ի հակակշիռ երկկոնտուր և անտիֆրիզով լցված համակարգի:

Արևային ջերմային կոլեկտորների կիրառման համար տվյալ տեղանքի ներուժը գնահատելիս պետք է հետևել այն նույն տրամաբանությունը, ինչ արվում էր ՖՎ համակարգերի դեպքում: Արևային պանելների տեղակայման վայրի և տեղադրման պայմանների կարևորագույն անտիֆրիզով լցված համակարգի:

BOX 3. SOLAR-THERMAL COLLECTORS IN ARMENIA

Buildings with integrated solar-thermal collectors in Armenia are rare. The presented figure shows some solar hot-water supply system projects in the country.

Solar hot-water supply system implemented in Armenia

Solar hot-water supply system in the existing heat-supply system of #70 Avetisyan str. boiler house

Within the scope of this project the solar hot-water supply systems (78 square meters) were installed on the iron constructions on the roof of the boiler house. This system is combined with the gas-operated boiler



Արևային տաք ջրամատակարարման համակարգ՝ տեղադրված Ավետիսյան փ. 70-ում առկա կաթսայատանը: Այս նախագծի շրջանակում տաք ջրամատակարարման արևային համակարգերը (78 մ²) տեղադրվել են կաթսայատան տանիքի երկայթե կոնստրուկցիաների վրա: Այս համակարգը համակցվել է գազով աշխատող կաթսայի հետ:

Source: Photos provided by the UNDP/GEF “Armenia - Improving the Energy Efficiency of Municipal Heating and Hot Water Supply” project.

Աղբյուր՝ «Քաղաքային ջեռուցման և տաք ջրամատակարարման էներգաարդյունավետության բարձրացում» ՄԱՉԾ-ԳԷՖ/00035799 ծրագիր, վեբ-կայքը՝ www.nature-ic.am

ՆԵՐԴԻՐ 3. ԱՐԵՎԱՅԻՆ ՋԵՐՄԱՅԻՆ ԿՈԼԵԿՏՈՐՆԵՐԸ ՀԱՅԱՍՏԱՆՈՒՄ

ՀՀ-ում շենքին ինտեգրված ջերմային կոլեկտորները նույնպես հազվագյուտ են: Ներկայացված նկարում պատկերված են ՀՀ-ում իրականացված մի քանի տաք ջրամատակարարման նախագծեր:

ՀՀ-ում իրականացված տաք ջրամատակարարման համակարգեր

Solar collector-based hot-water supply system in a child care and protection establishment in Kapan, Syunik marz

The 24 square meter solar-thermal panels were installed on the building roof. Water heated through the heat exchanger is accumulated in a 1000-liter water tank. The installation of the system provides about 30 MWh of thermal energy annually

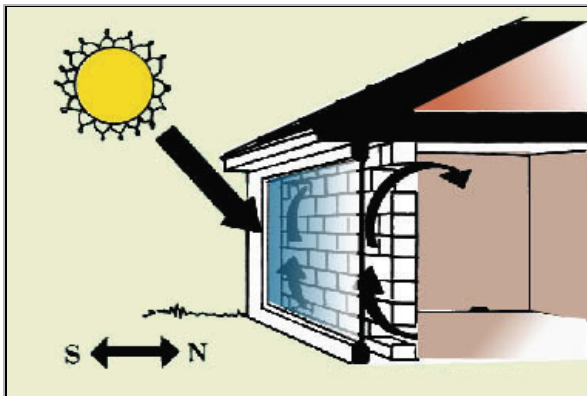


Արևային կոլեկտորով տաք ջրամատակարարման համակարգ: Տեղադրված է Սյունիքի մարզի Կապան քաղաքի Մանկան խնամքի և պաշտպանության հաստատությունում: Արևային ջերմային պանելները (24 մ²) տեղադրվել են շենքի տանիքին: Ջերմափոխանակիչի միջոցով տաքացած ջուրը կուտակվում է 1000 լիտրանոց ջրի տարողության մեջ: Համակարգն արտադրում է տարեկան մոտ 30 ՄՎտժ ջերմային էներգիա:

SOLAR WALLS

Solar or Trombe walls are south-facing walls that have two layers, an interior layer made of masonry or concrete and an exterior layer of glass mounted in front of a dark-colored wall. The wall absorbs and stores solar heat (Figure 19).

Figure 19. Trombe wall. Two layers, one exterior with glass or polycarbonate and an interior masonry or concrete one. Some interior walls have vents (as illustrated in the picture), while others have no vents



Նկար 19. Թրոմբի պատ: Ունի երկու շերտ: Արտաքին շերտը ապակուց կամ պոլիկարբոնատից է, իսկ ներքինը՝ քարից կամ բետոնից: Ներքին պատերից մի քանիսի վրա օդափոխման անցքեր կան (ինչպես երևում է նկարում), իսկ մյուսների վրա դրանք բացակայում են:

The two layers are typically separated from each other by 10-20 centimeters. The sun, moving at a lower angle in the winter, directly hits the glass or the absorbant surface, with the heat transferring to the interior of the glass. Like a greenhouse, the temperature of the space in between the two layers increases as more heat enters than leaves. Some of the heat is then transferred to the masonry or concrete wall, which in effect acts as a heat-storage device. The wall accumulates the heat during the day and releases it to the interior at night.

Some Trombe walls, like the one illustrated in Figure 19, have vents in the interior wall that take advantage of convection, bringing in cold air from the bottom vents and exhausting hot air from the top into the interior space. When the interior wall does not have vents, the heat transfer between the interior wall and interior space occurs through radiation and not convection.

The heat gained from a solar wall is directly proportional to the surface area of the wall.

ԱՐԵՎԱՅԻՆ ՊԱՏԵՐ

Արևային կամ Թրոմբի պատերը հարավին նայող երկշերտ պատեր են, որոնց ներսի կողմը քարից կամ բետոնից է պատրաստված, իսկ արտաքինից՝ ապակեպատ շերտն ամրացված է մուգ գույնով ներկված պատին, որը կլանում է Արևի ջերմությունը՝ այն կուտակելով պատի գանգվածի մեջ (նկ. 19):

Երկու շերտերը սովորաբար միմյանցից 10-20 սմ-ով հեռու են դրվում: Ձմռանը ավելի ցածր անկյան տակ շարժվող արևի ճառագայթներն ուղղված են ճիշտ ապակուն կամ կլանող մակերեսին և նրա ջերմությունն անցնում է ապակուց ներս: Ջերմատան պես՝ ապակուց ներս տարածքում ջերմաստիճանը բարձրանում է, քանի որ ավելի շատ ջերմություն է ներթափանցում, քան արձակվում է: Այդ ջերմության մի մասը փոխանցվում է քարե կամ բետոնե պատին, որն այս դեպքում հանդես է գալիս որպես էներգիայի կուտակիչ սարք: Վերջինս ջերմություն է կուտակում ցերեկվա ընթացքում և գիշերն այդ ջերմությունը անցնում է շենքի ներսը:

Թրոմբի պատերը՝ ինչպես նկ. 19-ում ներկայացվածը, ներքին պատերի վրա օդափոխման անցքեր ունեն, որոնք կոնվեկցիայի երևույթի շնորհիվ ստորին անցքերից վերցնում են սառն օդը, իսկ վերին անցքերից տաք օդը մղում ներքին տարածք: Ներքին պատերի վրա օդափոխման անցքերի բացակայության դեպքում ներքին պատի և ներքին տարածքի միջև ջերմափոխանցումը կատարվում է ճառագայթման և ոչ թե կոնվեկցիայի միջոցով:

Արևային պատից ստացվող ջերմությունն ուղիղ համեմատական է պատի մակերեսին: Որքան մեծ է պատը, այնքան շատ ջերմություն է կլանվում:

Ինչպես պատկերված է նկ. 20-ում, արևային պատի հատվածը կարող է ավելի փոքր լինել, քան ամբողջ պատի մակերեսը: Բացի այդ, սովորաբար կամ փաթաթվող բույսերի համար կառուցված ճաղավանդակի միջոցով ամռանը կարելի է պատը պաշտպանել արևից: Համապատասխան նախագծի միջոցով, օրինակ՝ արտաքին պատերի վրա բացված օդափոխման անցքերով, հնարավոր է նույնիսկ ներսի պատերից հեռացնել ջերմությունը, որն արևային պատը կվերածի արևային ծխնելույզի: Սա այն գաղափարն է, որն ընկած է շատ նախագծողների, օրինակ՝ Մորֆոսիսի կողմից կառուցվող երկշերտ ճակատների հիմքում:

Ջերմություն կուտակելու և գիշերային ժամերին այն արձակելու նպատակով պատերի

The larger the wall, the more heat gained. As Figure 20 shows, a solar wall component can be smaller than the entire wall. Additionally, shading or trellis plants could help keep a wall protected from the sun in the summer. With the appropriate design, such as having vents on the exterior walls, they can even help to remove heat from the interior walls, acting like a solar chimney. This is the idea behind many of the double-skin facades of buildings by Morphosis.

շերմային զանգվածն օգտագործվել է դարեր շարունակ: Էդվարդ Մորսը 19-րդ դարի վերջին պատերի վրա ապակե շերտ ավելացնելու միջոցով կատարելագործեց այս գործընթացը: Բայց միայն 20-րդ դարի կեսերին էր, որ Ֆելիքս Թրոմբը զարգացրեց այդ գաղափարը՝ վերածելով այն շենքի ճարտարապետական բաղադրիչի:

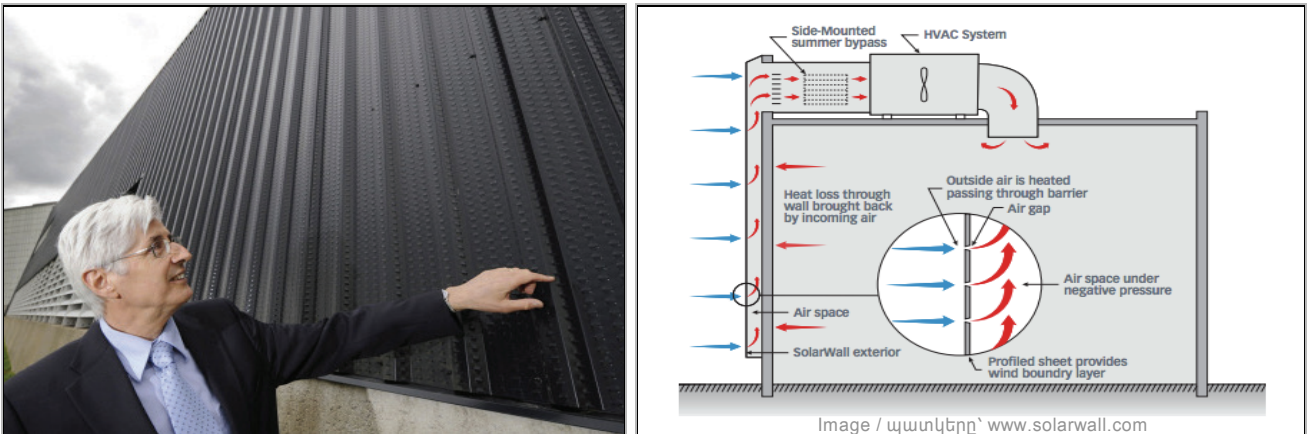
The use of the thermal mass of walls to store heat for release at night has been in use for centuries. Edward Morse, in the late 19th century, enhanced this process by adding a layer of glass on top of a wall. It was not until the mid-20th century; however, that Felix Trombe refined the idea into an architectural element for buildings.

Figure 20. Use of Trombe walls in residential buildings. Note that the entire wall does not need to be covered



Նկար 20. Թրոմբի պատով կառուցված բնակելի առանձնատներ: Նկատենք, որ ամբողջ պատը ծածկելու կարիք չկա:

Figure 21. Variation of a solar wall used widely today, especially for heating industrial spaces. Perforated aluminum strips cover walls with space in between to allow for the heating of air. The hot air then flows or is pumped into the building



Համակարգին կից հավաքակցած տարաթողման հանգույց, պատի միջով շերմության կորուստը հետ է բերվում ներս լցվող օդի միջոցով, օդային տարածություն, արևային պատի արտաքին հատված, ՋՀՕ համակարգ, դրսի օդը տաքացվում է՝ անցնելով արգելիչ միջով, օդային բացակ, օդային տարածություն բացասական ճնշման ներքո, մշակված (պրոֆիլային) թիթեղը ծառայում է որպես հողմահոսքն արգելափակող շերտ:

Նկար 21. Արևային պատի ներկայումս լայնորեն կիրառվող տարբերակ՝ հատկապես արտադրական տարածքների ջեռուցման համար: Պերֆորացված ալյումինե զուլերի շերտը ամրացված է պատից հեռու՝ այդ երկուսի միջև օդը տաքացնելու համար: Տաք օդը հետո հոսում կամ մղվում է դեպի շենքի ներսը (կարդալ սյունակ առ սյունակ)

More recently there has been a new variation on the Trombe wall, especially in industrial buildings. In this variation, the exterior layer is not glass but perforated

Վերջերս ստեղծվել են Թրոմբի պատի այլ տարբերակներ, որոնք ներկայումս կիրառվում են հատկապես արտադրական շենքերում: Այս տարբերակում արտաքին շերտն ապակուց չէ,

aluminum strips assembled on the southern-facing wall of a building. Cooler air enters the space in between the perforated aluminum and the wall. As the sun heats the aluminum (and the space between the two layers), hot air begins to move up, which is then pumped into the interior space for heating (Figure 21).

WIND TURBINES

Wind Power Technologies

Wind occurs when warm air rises and cool air moves to fill the space created by the rising warm air. The sun is the key element that heats up the different parts of the Earth at different rates, and creating the movement of air (wind). Wind turbines capture this kinetic energy and transform it into mechanical and then electrical energy.

There are two scales at which wind turbines are used: utility and small (or decentralized). For building or community-integrated wind technologies, the equipment used is small/decentralized. Here we will briefly review both so students have a larger perspective on wind energy.

- a) Utility scale - when wind turbines have larger than 100 kW capacity⁵ and are assembled in onshore and offshore wind farms. Today, wind turbines are available up to 7.5 MW, although there are plans in future to produce 15 MW turbines.⁶ The largest currently operating onshore wind farm, which consists of hundreds of wind turbines, is the Gansu Wind Farm in China, with 5,000 MW of installed capacity (12.5 times greater in installed capacity than the 400 MW Metsamor Nuclear Power Plant in Armenia). There are plans to increase Gansu's capacity to 20,000 MW by 2020. As of early 2014, the largest offshore wind farm was the London Array, with 630 MW of installed capacity, consisting of hundreds of large wind turbines.
- b) Distributed or "small" scale – when wind turbines have capacity of 100 kW or less. These small turbines are as small as 1

այլ կառուցված է պերֆորացված (անցքերով) ալյումինե զոլերից, որոնք ամրացվում են շենքի հարավին նայող պատին: Ավելի սառն օդը ներթափանցում է պերֆորացված ալյումինի և պատի միջև ընկած տարածքը: Երբ արևը տաքացնում է ալյումինը (և երկու շերտերի միջև տարածքը), ապա տաք օդը սկսում է վեր շարժվել ու հետագայում մղվում է դեպի ներս՝ տարածքի ջեռուցման նպատակով (սկ. 21):

ՀՈՂՄԱՅԻՆ ՏՈՒՐԲԻՆՆԵՐ

Հողմային էներգիայի տեխնոլոգիաներ

Երբ տաք օդը վեր է բարձրանում, իսկ սառն օդը շարժվում է բարձրացած տաք օդի հետևանքով առաջացած ազատ տարածությունը զբաղեցնելու, ապա քամի է առաջանում: Արևն այն հիմնական գործոնն է, որը տարբեր ինտենսիվությամբ տաքացնում է երկրի տարբեր մասերը և օդի շարժ է առաջացնում, այսինքն՝ քամի: Հողմային տուրբինները որսում են այս կինետիկ էներգիան և փոխակերպում սկզբում մեխանիկական, այնուհետև էլեկտրական էներգիայի:

Հողմային տուրբինները գործածվում են երկու՝ կայանի և փոքր (կամ ապակենտրոնացված) մակարդակներով: Շենքին կամ համայնքին ինտեգրված քամու տեխնոլոգիաների դեպքում կիրառվում են փոքր կամ ապակենտրոնացված սարքավորումներ: Սակայն այստեղ մենք համառոտ կդիտարկենք երկուսն էլ, որպեսզի ուսանողները քամու էներգիայի մասին ավելի լայն պատկերացում կազմեն:

- ա) Կայանի մակարդակ. երբ հողմային տուրբինները 100 կՎտ-ից ավելի⁵ հզորություն ունեն և տեղադրված են ցամաքային կամ ծովային հողմային կայաններում/դաշտերում: Այսօր կարելի է գտնել մինչև 7.5 ՄՎտ հզորությամբ հողմային տուրբիններ, սակայն ապագայում նախատեսվում է դրանց հզորությունը հասցնել մինչև 15 ՄՎտ⁶: Ներկայումս գործող ամենահզոր ցամաքային հողմային դաշտը, որը բաղկացած է հարյուրավոր հողմային տուրբիններից, Չինաստանի Գանսու հողմային դաշտն է, որն ունի 5,000 ՄՎտ դրվածքային հզորություն (12.5 անգամ ավելի է Հայաստանի Մեծամորի 400 ՄՎտ ԱԷԿ-ի դրվածքային հզորությունից): Կան Գանսուի հզորությունը գերազանցելու պլաններ, ըստ որի մինչև

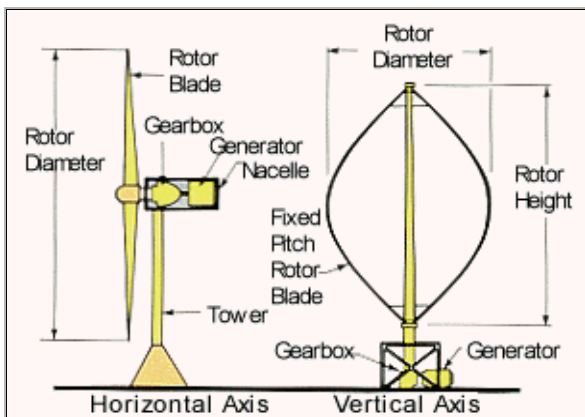
⁵ Definition used by the American Wind Energy Association.
Սահմանում և օգտագործվում է Հողմային էներգետիկայի ամերիկյան ասոցիացիայի կողմից:
⁶ "Wind energy facts", accessed October 30, 2014, <http://www.ewea.org/wind-energy-basics/facts/>
Տես Հողմային էներգետիկայի եվրոպական ասոցիացիայի հողմային էներգետիկայի վերաբերյալ հակիրճ տեղեկագիրը:

kW, which can be used for individual buildings. 100 kW turbines can be used to power a neighborhood or a village.

There are two types of wind turbines, one with a horizontal axis and the other with a vertical axis (Figure 22). The horizontal axis turbines, ones that have blades like a propeller engine, are the most common, especially in large, utility-scale applications. Vertical-axis turbines are more frequently considered in small-scale, building or urban scale applications.

Figure 22. Two types of wind turbines, horizontal and vertical

Source: American Wind Energy Association



Հորիզոնական առանցք. ռոտորի թիակ, ռոտորի տրամագիծ, փոխանցման արկղ, գեներատոր, խցիկ, աշտարակ
Ուղղահայաց առանցք. ռոտորի տրամագիծ, ռոտորի բարձրություն, անփոփոխ բարձրության ռոտորի թիակ, փոխանցման արկղ, գեներատոր

Աղբյուրը՝ Հողմաներգետիկայի Ամերիկյան ասոցիացիա:

Նկար 22. Հողմային տուրբինների երկու տեսակները՝ հորիզոնական և ուղղահայաց առանցքով:

Horizontal- and vertical-axis wind turbines each have their advantages and disadvantages. The advantages of horizontal-axis wind turbines (HAWTs) include their wide availability in the market. HAWTs are also believed to be a more efficient way of harnessing energy from wind than vertical-axis wind turbines (VAWTs). While this may be true at the turbine level, there are some recent studies that show that, at a wind farm, when measured by energy generated per square meter of land, VAWTs can be 10 times more effective.⁷ This is because they can be mounted closer to each other without loss of turbine effectiveness (lower wind disturbance from other turbines).

VAWTs have additional advantages, especially for small, distributed applications. They

2020թ. կառուցվելու է 20,000 ՄՎտ հզորության կայան: 2014թ. սկզբի դրությամբ ամենամեծ ծովային հողմային դաշտը 630 ՄՎտ դրվածքային հզորությամբ Լոնդոնի համալիրն է, որը կազմված է հարյուրավոր մեծ հողմային տուրբիններից:

բ) Ապակենտրոնացված կամ «փոքր» մակարդակ. երբ հողմային տուրբինների հզորությունը 100 կՎտ-ից պակաս է: Այս փոքր տուրբինները կարող են լինել 1 կՎտ, որը հարմար է առանձին շենքում կիրառելու համար, իսկ 100 կՎտ տուրբինները կարող են ծառայել թաղամասին կամ գյուղին:

Գոյություն ունեն երկու տեսակի հողմային տուրբիններ, մեկը՝ հորիզոնական առանցքով, մյուսը՝ ուղղահայաց առանցքով (նկ. 22): Հորիզոնական առանցքով տուրբինների թևերը տեղադրված են պտուտակավոր շարժիչի նման: Դրանք առավել տարածվածներն են և կիրառվում են հատկապես խոշոր էլեկտրակայանների մակարդակում: Ուղղահայաց առանցքով տուրբինները, որոնք ավելի հաճախ դիտարկվում են որպես փոքր տուրբիններ, կիրառվում են շենքի կամ քաղաքի մակարդակով:

Հորիզոնական և ուղղահայաց առանցքով հողմային տուրբիններից յուրաքանչյուրն ունի իր առավելություններն ու թերությունները: Հորիզոնական առանցքով հողմային տուրբինների (ՀԱՀՏ) առավելությունն այն է, որ դրանք շուկայում հասանելի են: Ենթադրվում է նաև, որ ՀԱՀՏ-ները քամու էներգիան սանձելու/օգտագործելու ավելի արդյունավետ միջոց են, քան ուղղահայաց առանցքով հողմային տուրբինները (ՈՒՀՏ): Թեև տուրբինի մակարդակով սա կարող է ճիշտ լինել, այդուհանդերձ, կան վերջերս կատարված որոշ ուսումնասիրություններ, որոնք ցույց են տալիս, որ ըստ հողմային դաշտերում մեկ քառակուսի մետրի վրա արտադրված էներգիայի չափումների ՈՒՀՏ կարող է 10 անգամ ավելի արդյունավետ լինել⁷: Պատճառն այն է, որ դրանք կարող են տեղակայվել մեկը մյուսին մոտ հեռավորության վրա՝ առանց այլ տուրբիններից առաջացող քամու հետևանքով տուրբինների արդյունավետության կորստի:

ՈՒՀՏ-ներն ունեն նաև այլ առավելություններ, հատկապես՝ փոքր, առանձնացված կիրառության դեպքերում:

Դրանք, որպես կանոն, սկսում են արդեն պտտվել թույլ՝ սկսած մոտ 2 մ/վ արագությամբ քամուց: ՀԱՀՏ-ի համար, ի դեպ, անհրաժեշտ է առնվազն 3 մ/վ: Կարևոր է նշել, որ ՈՒՀՏ-ի

⁷ “Wind energy”, accessed September 2014, <http://dabiri.caltech.edu/research/wind-energy.html>

typically have lower wind startup rates, from about 2 meters per second. HAWTs, however, need a minimum of 3 m/s. Importantly, the motor of VAWTs is either mounted on the ground or is much closer to the ground, allowing for easier and lower-cost maintenance. VAWTs also have lower noise levels than HAWTs. Figure 23 shows applications of HAWTs in buildings and neighborhoods, while Figure 24 shows applications of VAWTs.

շարժիչը տեղադրվում է կամ գետնին, կամ գետնին շատ մոտ, որը թույլ է տալիս տեխնիկական սպասարկումը կատարել ավելի հեշտությամբ և ավելի ցածր գներով: ՈՒԱՐՏ-ի առաջացրած աղմուկի մակարդակն ավելի ցածր է, քան ՀԱՐՏ: Նկ. 23-ում բերված են շենքերի վրա և թաղամասերում կիրառվող ՀԱՐՏ օրինակներ, իսկ նկ. 24-ում ցույց են տրված ՈՒԱՐՏ կիրառման օրինակներ:

Figure 23. Examples of HAWTs used in buildings and neighborhoods



Նկար 23. Շենքերում և թաղամասերում կիրառվող հորիզոնական առանցքով հողմային տուրբինների օրինակներ:

The effectiveness of renewable technology is improving rapidly; engineers and architects are advised to consult experts before using such technologies.

Քանի որ վերականգնվող տեխնոլոգիաների արդյունավետությունն արագ տեմպերով բարելավվում է, ապա դրանք կիրառելիս ճարտարագետներին ու ճարտարապետներին խորհուրդ է տրվում խորհրդակցել փորձագետների հետ:

Figure 24. Examples of VAWTs used in buildings and neighborhoods



Սկար 24. Շենքերում և թաղամասերում կիրառվող ուղղահայաց առանցքով հողմային տուրբինների օրինակներ:

Critical Factors When Considering Wind Energy

The key variables determining how much electricity a turbine generates include: blade radius, air density, and wind speed.⁸

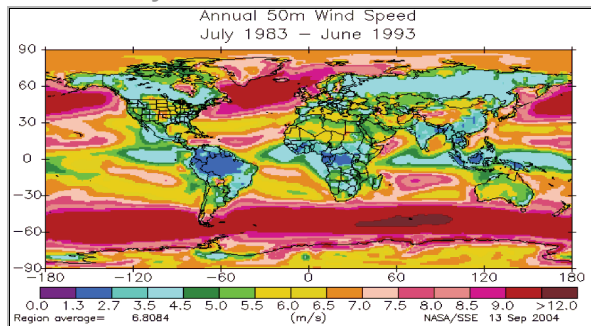
The larger the **blade radius**, the greater the electricity produced. Doubling the blade radius quadruples the power generated.

Air density also makes a difference. “Heavier” air places more pressure on blades, rotating them more effectively. Air density is determined by altitude, temperature, and atmospheric pressure. The density of air on top of Mount Everest is much lower than at sea level. Wind at sea level, therefore, will drive rotary blades more effectively.

The higher the **wind speed**, the more electricity is generated. There are several factors that have an impact on the speed of wind. One is the geographic location of where the wind turbine will be installed. Another has to do with the height of the tower on which the turbine is installed.

Some geographic locations have higher wind speeds than others. Figure 25 shows the average annual wind speed at 50-meter height as measured by NASA over a 10-year period. As can be seen, wind speeds are distributed unevenly throughout the world. Some places reach average annual wind speeds of more than 12 meters per second (such as the northern United Kingdom), while other places reach average less than 3 meters per second (such as the Amazon and the Congo basins).

Figure 25. Map of average annual wind speeds at 50-meter height throughout the world, measured over 10 years



Նկար 25. Աշխարհում քամու միջին տարեկան արագության քարտեզը: Չափումները կատարվել են 10 տարվա ընթացքում, 50մ բարձրության վրա:

Հողմային Էներգիային առնչվող որոշիչ գործոնները

Այն փոփոխականները, որոնցով որոշում է տուրբինի կողմից արտադրվող էլեկտրաէներգիայի քանակը, հետևյալն են. թևի շառավիղը, օդի խտությունը և քամու արագությունը⁸:

Որքան մեծ է **թևի շառավիղը**, այնքան շատ էլեկտրաէներգիա է այն արտադրում: Թևի շառավիղի կրկնապատկման դեպքում էներգիայի արտադրությունն ավելանում է չորս անգամ:

Օդի խտությունը նույնպես կարող է մեծ տարբերության բերել: «Ավելի ծանր» օդն ավելի շատ ճնշում է գործադրում թևերի վրա և դրանք ավելի արդյունավետ են պտտվում: Օդի խտությունը որոշվում է բարձրությամբ, ջերմաստիճանով և մթնոլորտային ճնշմամբ: Էվերեստ լեռան գագաթին օդի խտությունը շատ ավելի ցածր է, քան ծովի մակարդակի վրա: Այսպիսով, ծովի մակարդակի վրա քամին տուրբինի թևերն ավելի արդյունավետ կպտտի:

Որքան մեծ է **քամու արագությունը**, այնքան շատ էլեկտրաէներգիա է այն արտադրում: Քամու արագության վրա մի քանի գործոններ են ազդում: Մեկն աշխարհագրական դիրքն է, որտեղ տեղադրվելու է հողմային տուրբինը: Մյուսը կապված է այն աշտարակի բարձրության հետ, որի վրա տեղադրված է տուրբինը:

Որոշ աշխարհագրական վայրերում քամու արագությունն ավելի բարձր է, քան մյուսներում: Նկ. 25-ը ցույց է տալիս 50 մ բարձրության վրա քամու միջին տարեկան արագությունը, որի չափումները ավելի քան 10 տարիների ընթացքում կատարվել են ԱՄՆ-ի Ազգային ավիացիայի և տիեզերագնացության վարչության (NASA) կողմից: Ինչպես կարելի է տեսնել, ամբողջ աշխարհում քամու արագությունները անհավասարաչափ են բաշխված: Որոշ տեղերում քամու միջին տարեկան արագությունը հասնում է վայրկյանում ավելի քան 12 մետրի (ինչպես, օրինակ՝ Մեծ Բրիտանիայի հյուսիսում), մինչ այլ վայրերում միջինը կազմում է վայրկյանում 3 մետրից էլ պակաս (Ամազոն և Կոնգո գետերի ավազանները):

Կայանքի արտադրության քանակը կախված է տուրբինի տեղադրման բարձրությունից: Որքան բարձր է տեղադրված տուրբինը, այնքան շատ էներգիա է արտադրում: Դա տեղի է ունենում այն պատճառով, որ մեծ բարձրությունների վրա քամիներն ավելի ուժգին են ու մշտական: Դրանից բացի, օդ բարձրացած հողը չի դանդաղեցնում քամուն, և դրա ճանապարհին

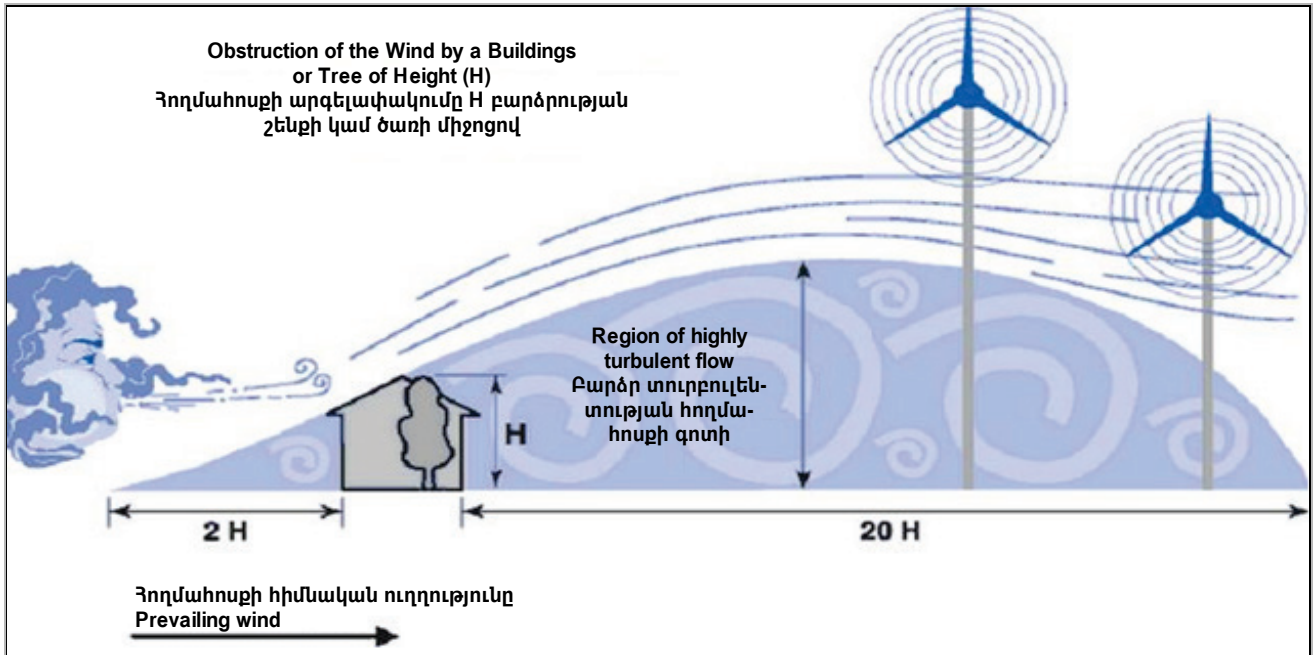
⁸ European Wind Energy Association
Հողմային էներգետիկայի եվրոպական ասոցիացիա

How high a turbine is placed has an impact on the energy yield of the installation. The higher the turbine, the more energy is harvested. This is because winds are stronger and more constant at higher elevations.

քիչ խոչընդոտներ (օրինակ՝ կառույցներ և ծառեր) կան, որոնք կարող են տուրբուլենտություն առաջացնել (սկ. 26):

Also, there is less ground drag that can slow wind down and fewer obstructions (such as structures and trees) that can cause turbulence (Figure 26).

Figure 26. Speed and quality of wind can improve as the height of a wind tower increases. This is both due to reduced drag and reduced turbulence



Նկար 26. Աշտարակի բարձրության հետ բարելավվում է քամու արագությունն ու որակը: Դա առաջանում է քարշի ուժի և տուրբուլենտության նվազեցման արդյունքում:

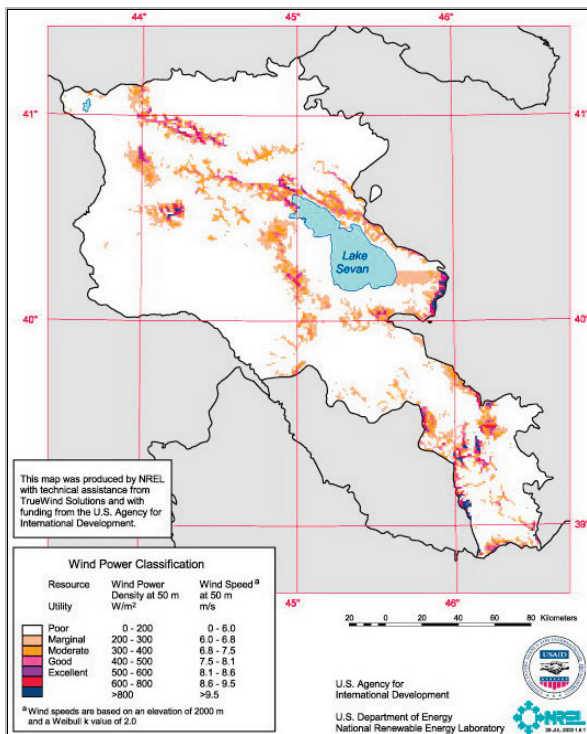
Figure 27 shows a wind map of Armenia prepared in 2007. Only select sites are mapped with the intent to identify sites for utility-scale investments. While building-integrated wind applications may benefit from such a map, engineers and architects will need much finer neighborhood or community-level wind data to identify the potential of wind energy for the building or neighborhood they are designing.

Նկ. 27-ում պատկերված է Հայաստանի հողմային քարտեզը, որը կազմվել է 2007 թ.: Այտեղ ցույց են տրված միայն այն ընտրված վայրերը, որոնք գրավիչ են կայանի մակարդակով ներդրումներ կատարելու համար: Այս քարտեզը կարող է օգտակար լինել նաև շենքին ինտեգրված հողմային համակարգերի համար, սակայն ճարտարագետներին ու ճարտարապետներին քամու ներուժի մասին տվյալների շատ ավելի մանրամասն քարտեզ է հարկավոր թաղամասերի և համայնքների համար քամու էներգիայով ինտեգրված շենքի կամ թաղամասի մակարդակով նախագծեր մշակելու համար:

In order to collect information about wind conditions, micro wind turbines are often installed on buildings or near sites where installations of larger, more expensive wind turbines are planned. Based on the collected data, types of wind turbine and optimal locations can be selected to maximize power generation.

Քամու պայմանների մասին տեղեկություններ հավաքագրելու համար հաճախ միկրո հողմային տուրբիններ են տեղադրվում այն շենքերի վրա կամ դրանց մոտ վայրերում, որտեղ ավելի մեծ և ավելի թանկարժեք հողմային տուրբիններ են նախատեսված տեղադրել: Հավաքագրված տվյալների հիման վրա որոշվում է այն հողմային տուրբինի տեսակը և դրա տեղադրման օպտիմալ վայրերը, որի դեպքում կարելի է էներգիայի արտադրության առավելագույն ծավալներ ապահովել:

Figure 27. Wind map of Armenia prepared in 2007



Նկար 27. Հայաստանի հողմային քարտեզը, կազմվել է 2007թ.

Installation Considerations: Noise, Vibration, Building Structure, Safety

Installation of wind turbines will add loads to a building and its roof structures. Before installing these turbines, roof structures must be assessed for their suitability. The additional loads and impacts of wind turbines include: weight of wind turbines, the vibration from their operation (if vibration-absorbing solutions are not employed, damage to the building and extreme discomfort of occupants can result), lightning damage, stability, and safety during earthquakes or very strong winds. They should also be installed somewhere where it will be easy to access them for maintenance.

Additional factors to consider in the placement of turbines are wind turbulence levels in the vicinity. When there is high turbulence, the efficiency of the turbines is reduced and greater physical stress is placed on the equipment, increasing wear and tear as well as maintenance requirements.

Noise is also an important consideration. Wind turbines can create noise through the movement of the mechanical parts of the gearbox and other moving parts, as well as the flow of wind around the blades. Such

Տեղադրմանն առնչվող նկատառումներ. աղմուկ, թրթռոց, շենքի կոնստրուկցիա, անվտանգություն

Տեղակայված հողմային տուրբինները շենքերի և տանիքների կոնստրուկցիաների վրա լրացուցիչ բեռ են ավելացնելու: Անհրաժեշտ է գնահատել տանիքի կոնստրուկցիաների համապատասխանությունը մինչև տուրբինի տեղադրումը: Հողմային տուրբիններից առաջացող լրացուցիչ բեռն ու ազդեցությունը հետևյալն են՝ հողմային տուրբինի քաշը, դրա աշխատանքից առաջացող թրթռոցը (թրթռոցը մարող/կլանող լուծումներ չիրականացնելու դեպքում տուրբինը կարող է վնասել շենքը և ծայրահեղ անհարմարություններ պատճառել բնակիչներին), կայծակի հարվածը, հուսալիությունն ու անվտանգությունը երկրաշարժի կամ ուժգին քամու ժամանակ: Ինչպես նաև դրանք պետք է տեղադրվեն տեխնիկական սպասարկման համար հասանելի տեղերում:

Տուրբինները տեղակայելիս պետք է նկատի ունենալ նաև այլ գործոններ, որոնցից են մոտակայքում առկա քամու տուրբուլենտության մակարդակը: Բարձր տուրբուլենտությունը նվազեցնում է տուրբինի արդյունավետությունը և սարքավորումները ենթարկվում են ավելի մեծ ֆիզիկական ճնշումների, արագանում է դրանց մաշվածությունը և ավելի հաճախակի տեխնիկական սպասարկում է պահանջվում:

Կարևոր է հաշվի առնել նաև աղմուկի գործոնը: Փոխանցման տուփում մեխանիկական մասերի շարժման, ինչպես նաև թւերի շուրջ քամու հոսքի հետևանքով հողմային տուրբինները կարող են աղմուկ առաջացնել: Այդ աղմուկը կարող է մեծ անհարմարություններ պատճառել շենքի բնակիչներին և մոտակա հարևաններին: Տուրբինների ընտրության ժամանակ ճարտարապետներն ու ճարտարաբանները պետք է ուսումնասիրեն ընտրված սարքի աղմուկի բնութագիրը, ինչպես նաև շենքերի վրա դրանց տեղակայման այնպիսի վայրեր ընտրեն, որտեղ աղմուկի ազդեցությունը մարդկանց վրա նվազագույնն է:

Ցանցին միացած և ցանցից անջատ հողմատուրբիններ

Փոքր, ապակենտրոնացված հողմային տուրբինները կարող են միացված լինել տեղական կամ կենտրոնական ցանցին, կամ կարող են ծառայել միայն այն շենքին կամ թաղամասին, որի համար կառուցվել են (այսինքն՝ կարող են լինել ցանցից անջատ): Ինչպես ՖՎ տեխնոլոգիաների դեպքում է, եթե հողմային տուրբինը ցանցին միացած չէ, ապա կարող է ավելցուկ էլեկտրաէներգիայի կուտակման անհրաժեշտություն

noise can create great discomfort for building occupants and neighborhood residents. In selecting turbines, engineers and architects must review the noise rating of their selection, as well as select placement sites on buildings where the noise will have the least impact on people.

Grid and Off-grid Wind Power

Small, distributed wind turbines can be connected to the regional or national electricity grid; alternatively they can serve only the building or the neighborhood on which they are installed (i.e. off-grid). Like PV technologies, if a wind turbine is off-grid, then there may be a need to store surplus electricity. When connected to the grid, there will be less need to store electricity in the house, as the excess electricity generated will be sent to the grid, which will, in turn, sell it to users in need of electricity. With today's technology, for connection to the grid, power converters need to be used to transform DC electricity generated by the turbines into AC electricity used in grids.

Wind Turbine Impact on Wildlife: Birds and Bats

Utility-scale wind turbines kill hundreds of thousands if not millions of birds and bats each year. The estimates of the numbers vary greatly from study to study, but the fact that such killings take place and should be prevented is not disputed.

According to the Royal Society for the Protection of Birds (RSPB) in the United Kingdom, these killings are the result of poor site selection and planning on the part of the wind farm designers. They cite Tarifa and Navarra in Spain, as well as the Altamont Pass in California, as examples of poorly planned sites. At these sites, planners failed to consider the migrations and habitats of the bird populations.⁹

In reviews of hundreds of wind farm applications every year to determine their likely wildlife impacts, RSPB objects to 6% of applications on the grounds that they threaten bird populations. In some cases, developers agree to make adjustments to their plans to lower the risk to acceptable levels. In cases where developers do not, RSPB voices

առաջանալ: Ցանցին միացած լինելու պայմաններում տանը էներգիա կուտակելու կարիքն ավելի քիչ կլինի, քանի որ արտադրված էլեկտրաէներգիայի ավելցուկը հաղորդվելու է ցանցին, որն, իր հերթին, այն վաճառելու է էլեկտրաէներգիայի այլ սպառողներին, որոնք դրա կարիքն ունեն: Այսօրվա տեխնոլոգիաների պայմաններում ցանցին միանալու համար անհրաժեշտ կլինի օգտվել հոսանքի փոխակերպիչներից՝ տուրբինի կողմից արտադրված ՉՉ էլեկտրաէներգիան ցանցերում կիրառվող ՓՅ-ի փոխակերպելու համար:

Հողմային դաշտի ազդեցությունը կենդանի բնության վրա. թռչուններ և չղջիկներ

Կայանի մակարդակով հողմային տուրբիններն ամեն տարի սպանում են հարյուր հազարավոր, եթե ոչ միլիոնավոր թռչուններ և չղջիկներ: Այդ քանակների գնահատականները հետազոտությունից հետազոտություն մեծապես տարբերվում են, բայց այն փաստը, որ նման սպանող տեղի է ունենում և այն պետք է կանխել՝ չի վիճարկվում:

Ըստ Միացյալ Թագավորությունում գործող թռչունների պաշտպանության թագավորական ընկերության (ԹՊԹԸ RSPB)՝ այդ սպանող հողմային դաշտեր նախագծողների կողմից տեղանքի վատ ընտրության և վատ տարածական պլանավորման արդյունքն է: Նրանք վկայակոչում են Թարիֆա և Նավարա դաշտերը Իսպանիայում, ինչպես նաև Ալթամոնթ լեռնանցքը Կալիֆոռնիայում՝ որպես տեղանքի վատ պլանավորման օրինակներ: Տեղանքի պլանավորողները չեն կարողացել հաշվի առնել այդ վայրերում բնակվող չվող թռչունների ուղիներն ու նրանց կյանքի միջավայրը⁹:

Կենդանի բնության վրա հավանական ազդեցության նպատակով ԹՊԹԸ կողմից քննարկման առնված՝ հողմային դաշտերի համար ամեն տարի ներկայացվող հարյուրավոր հայտերի 6 %-ը առարկության է արժանանում թռչունների գլխաքանակին սպառնալու հիմքով: Որոշ դեպքերում կառուցապատողները համաձայնում են իրենց պլանավորման նախագծերում ուղղումներ կատարել՝ ընդունելի մակարդակի հասցնելով վերոհիշյալ ռիսկերը: Այն դեպքերում, երբ դա չի արվում, ԹՊԹԸ-ն ընդվզում է պլանի դեմ:

Տուժում են նաև չղջիկները: Կան ապացույցներ, որ նրանք սատկում են կամ տուրբինի թևերին ուղղակիորեն բախվելու արդյունքում, կամ, երբ չղջիկները թռչում են այն գոտիների միջով, որտեղ պտտվող թևերը հանկարծակի

⁹ "Wind Farms", accessed September 2013, <https://www.rspb.org.uk/ourwork/policy/windfarms/>

strong opposition to the plan.

Bats are also affected. Evidence suggests that bat deaths related to wind turbines can occur either through direct collision with the blades or when bats fly through zones where there is sudden low air pressure created by the moving blades. A 2013 study suggests that more than 600,000 bats are killed per year in the US.¹⁰ Studies have shown that this number can be significantly reduced if blade rotation is halted during low wind conditions, i.e. when not much energy is being produced. Bats are more likely to fly at night in low wind conditions. Moreover, the placement of microwave transmitters on wind towers can deter bats from approaching operating wind turbines.¹¹

The evidence and recommendations are for utility-scale wind turbines and wind farms. There is little evidence that the problem exists at a significant level for building integrated wind power. A 2002 study finds that one in 10,000 bird deaths are due to collision with building-integrated wind turbines, whereas the number is significantly larger for collisions with buildings and windows.¹² See Box 2 of Module 5 for more on this topic and preventing bird deaths.

Geothermal Heat Pumps

Another renewable energy source lies in the earth we stand on. A few meters deep, the temperature of the earth remains more or less constant throughout the year. At a depth of 3 meters or so, the temperature of the earth is a constant 10 to 16°C, depending on the geological and hydrological conditions of the location.¹³ Millions of geothermal heat pumps are installed worldwide for residential and commercial buildings. In some countries, such as the US, market growth estimates are 15% a year.

օրի ցածր ճնշում են առաջացրել: 2013թ. կատարված մի հետազոտություն ցույց է տալիս, որ ԱՄՆ-ում մեկ տարվա ընթացքում ավելի քան 600,000 չղջիկ է սպանվում¹⁰: Ուսումնասիրությունները ցույց են տվել, որ այդ քանակը կարող է զգալիորեն կրճատվել, եթե թույլ քամիների ժամանակ թևերի պտույտը կանգնեցվի, որովհետև այդ պայմաններում այնքան էլ շատ էներգիա չի արտադրվում: Հենց թույլ քամու պայմաններում է, որ չղջիկները դուրս են գալիս գիշերային որսի: Ավելին, հողմային աշտարակների վրա միկրոալիքային հաղորդակների տեղադրումը կարող է խրտեսցնել չղջիկներին մոտենալ աշխատող հողմային տուրբիններին¹¹:

Ապացույցներն ու առաջարկությունները վերաբերում են կայանի մակարդակով հողմային տուրբիններին և հողմային դաշտերին: Քիչ փաստեր կան այն մասին, որ այդ խնդիրը նշանակալի մակարդակով առկա է նաև շենքերին ինտեգրված հողմային էներգիայի դեպքում: 2002թ. կատարված մի ուսումնասիրությամբ պարզվել է, որ 10,000 սաստկած թռչուններից միայն մեկն է սպանվել շենքերին ինտեգրված հողմային տուրբինների հետ բախման հետևանքով, ընդ որում շենքերին և պատուհաններին բախման պարագայում այս թիվը զգալիորեն ավելի բարձր է¹²: Այս խնդրի և դրա կանխարգելման վերաբերյալ տե՛ս Մոդուլ 5-ի ներդիր 2-ը:

Երկրաջերմային ջերմային պոմպեր

Վերականգնվող էներգիայի մեկ այլ աղբյուր էլ գտնվում է այն հողի տակ, որի վրա մենք կանգնած ենք: Մի քանի մետր խորության վրա երկրի ջերմաստիճանն ամբողջ տարվա ընթացքում մնում քիչ թե շատ հաստատուն: Մոտ 3 մ խորության վրա երկրի ջերմաստիճանը մշտապես կազմում է 10-ից 16°C՝ կախված գտնվելու վայրի երկրաբանական և հիդրոլոգիական պայմաններից¹³: Բնակելի և առևտրային շենքերի համար աշխարհով մեկ կառուցվել են միլիոնավոր երկրաջերմային ջերմային պոմպեր: Որոշ երկրներում, ինչպես, օրինակ՝ ԱՄՆ-ում, այդ շուկայի աճը գնահատվում է տարեկան 15%:

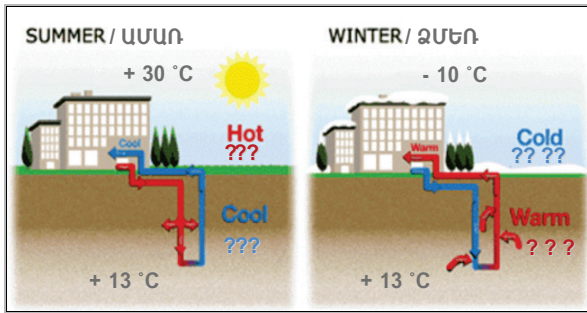
¹⁰ Mark Hayes, “Bats Killed in Large Numbers at United States Wind Energy Facilities”, *BioScience* 63 (12), 975-979, <http://bioscience.oxfordjournals.org/content/63/12/975.abstract>

¹¹ “Bats and wind energy cooperative: Home”, accessed September 2013, <http://www.batsandwind.org/index.php>

¹² Wallace Erickson, Gergory Johnson and David Young, *A Summary and Comparison of Bird Mortality from Anthropogenic Causes with an Emphasis on Collisions*, Asilomar: USDA Forest Service, http://www.fs.fed.us/psw/publications/documents/psw_gtr191/Asilomar/pdfs/1029-1042.pdf

¹³ “Geothermal Heat Pump Basics”, accessed October 2013, http://www.nrel.gov/learning/re_geo_heat_pumps.html

Figure 28. Geothermal heat pumps tap into constant temperature in the ground to heat in winter and cool in summer



Նկար 28. Երկրաջերմային ջերմային պոմպերը հասնում են մինչև երկրի հաստատուն ջերմաստիճանի շերտերը՝ ձմռանը տաքացնելու, իսկ ամռանը՝ հովացնելու համար:

This means that, in the winter, the ground temperature at those depths will tend to be higher than the air temperature. In the summer it will tend to be lower. Geothermal heat pumps, i.e. systems that have pipes that take water to depths in the earth where there is constant temperature, tap into this temperature constancy, reducing a building's heating load in the winter and cooling load in the summer (Figure 28).

In other words, by bringing the building temperature to the underground temperature of 13°C (as per the hypothetical example illustrated in Figure 28), there is a need to spend energy to increase the interior temperature by another 9 degrees to 22°C, i.e. a temperature needed for thermal comfort. In the summer, the opposite will be the case.

This results in substantial energy savings for both heating and cooling a building. Estimates suggest that electricity bill savings can reach 70% if a house uses a geothermal heat pump instead of electrical-resistance heating.¹⁴

The temperature of the earth at such depths is primarily due to heat from the sun absorbed and stored by the earth. The temperature for a given site, however, can vary depending on its geological and hydrological conditions. The type of soil and its rock composition will affect the temperature. It will also affect the type of heat pump solution most appropriate to use. Availability of underground and surface water can also have an impact on temperatures, as well as

Դա նշանակում է, որ ձմռանն այդ խորությունների վրա երկրի ջերմաստիճանը ավելի բարձր պիտի լինի օդի ջերմաստիճանից, իսկ ամռանը՝ ավելի ցածր: Երկրաջերմային ջերմային պոմպը մի համակարգ է, որը խողովակների միջոցով ջուրը տանում է երկրի խորքը, որտեղ ջերմաստիճանը հաստատուն է, և մշտապես մնում է այդ ջերմաստիճանին, և դրանով ձմռանը նվազեցնում է շենքի ջեռուցման, ամռանը՝ հովացման բեռը (նկ. 28):

Այլ կերպ ասած, եթե շենքի ջերմաստիճանը հասնի ստորգետնյա ջերմաստիճանին, որը 13 աստիճան է (ինչպես երևում է նկ. 28-ում պատկերված հիպոթետիկ օրինակից), ապա անհրաժեշտ կլինի միայն էներգիան ծախսել շենքի ներքին ջերմաստիճանը ևս 9 աստիճանով բարձրացնելու համար՝ հասցնելով այն 22°C, որը համարվում է ջերմային հարմարավետության աստիճան: Ամռանը հակառակն է տեղի ունենում:

Սա հանգեցնում է շենքի՝ և՛ ջեռուցման, և՛ հովացման համար ծախսվող էներգիայի զգալի խնայողությանը: Հաշվարկները ցույց են տալիս, որ էլեկտրաէներգիայի ծախսի խնայողությունն, օրինակ, կարող է հասնել մինչև 70%-ի, եթե տանը էլեկտրական ջեռուցիչների փոխարեն երկրաջերմային ջերմային պոմպեր են օգտագործվում¹⁴:

Այդպիսի խորություններում երկրի ջերմաստիճանը հիմնականում պայմանավորված է նրանով, որ հողը կլանում և պահպանում է արևի ջերմությունը: Այդուհանդերձ, որևէ կոնկրետ տեղանքի ջերմաստիճանը կարող է մյուսից տարբերվել՝ կախված վայրի երկրաբանական և հիդրոլոգիական պայմաններից: Հողի շերտի և դրա մեջ ապարների առկայությունը կարող է ազդել ջերմաստիճանի վրա: Դրանով նաև պայմանավորված կլինի ջերմային պոմպերի առավել նպատակահարմար տեսակների ընտրությունը: Ստորգետնյա և մակերեսային ջրերի առկայությունը նույապես կարող է ազդել ջերմաստիճանի, ինչպես նաև տեղակայման տեխնիկական առանձնահատկությունների վրա: Ստորև ներկայացված են այդ համակարգերի մի շարք տարբերակներ:

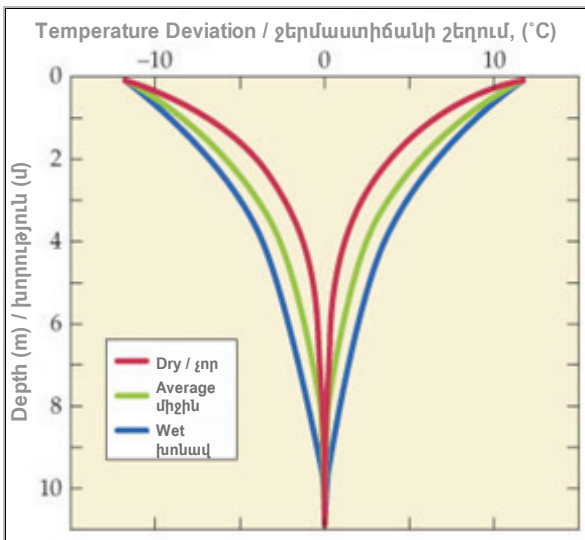
Թեև ջերմաստիճանը համեմատաբար հաստատուն է ավելի քիչ խորություններում, մոտ 10 մ խորության վրա երկրի ջերմաստիճանը մնում օդի միջին տարեկան ջերմաստիճանի մակարդակին: Դա նշանակում է, որ եթե օդի միջին տարեկան ջերմաստիճանը 15°C է, ապա 10 մ խորության վրա երկրի ջերմաստիճանը

¹⁴ "Choosing and Installing Geothermal Heat Pumps", accessed October 2013, <http://energy.gov/energysaver/articles/choosing-and-installing-geothermal-heat-pumps>

the specifics of installation. More on system options is offered below.

While the temperature is relatively constant at shallower depths, at a depth of 10 meters or so, the soil temperature remains at a level equal to the annual mean air temperature. If the average annual air temperature is 15°C, at 10 meters deep, the soil temperature will be 15°C even if the air temperature above is -20 or +35°C. Figure 29 shows this phenomenon in a stylized manner for dry, average, and wet soil conditions.

Figure 29. Mean soil temperature at different depths



Նկար 29. Հողի միջին ջերմաստիճանը տարբեր խորությունների վրա:

Geothermal Heat Pump Systems

Geothermal heat pump systems have three key components:¹⁵

- a) Piping loop placed underground;
- b) Heat pump;
- c) Delivery system.

The first component, the **underground piping**, uses plastic, such as high-quality polyethylene or polybutylene, which can be 3-4 centimeters in diameter. PVC is not an acceptable material because it is neither strong enough nor has good heat-transfer characteristics. There are also environmental and public health concerns with PVC that consumers should consider before use.¹⁶

պետք է լինի 15°C նույնիսկ այն դեպքում, երբ օդի ջերմաստիճանը -20 կամ +35°C է: Նկ. 29-ում գծապատկերի տեսքով ցույց է տրված այս երևույթը՝ չոր, միջին և խոնավ հողի պայմաններում:

Երկրաջերմային ջերմային պոմպերի համակարգեր

Երկրաջերմային ջերմային պոմպերը կազմված են երեք հիմնական բաղադրիչներից¹⁵:

- ա) Ստորգետնյա խողովակաշար,
- բ) Ջերմային պոմպ,
- գ) Մատակարարման համակարգ:

Առաջին բաղադրիչը **ստորգետնյա խողովակաշարն** է: Կիրառվում են պլաստիկ, օրինակ՝ բարձրորակ պոլիէթիլենից կամ պոլիբուտիլենից պատրաստված, 3-4 սմ տրամագծով խողովակներ: ՊՎԵ-ը հարմար է, քանի որ բավականաչափ ամուր է և չունի լավ ջերմահաղորդման հատկություններ: ՊՎԵ-ը նաև բնապահպանական և մարդու առողջության խնդիրներ է առաջացնում, որոնք պետք է հաշվի առնվեն սպառողների կողմից՝ այն օգտագործելուց առաջ¹⁶:

Խողովակաշարերը կարող են լինել փակ կամ բաց սխեմայով: Փակ սխեմայով խողովակաշարերը բաժանվում են ըստ հորիզոնական, ուղղահայաց կամ ավազանային/լճակով համակարգերի: Խողովակաշարը կարող է ունենալ նաև բաց սխեմա, եթե ստորգետնյա ջերմության աղբյուրը/հորը ստորգետնյա ջրերն են և ոչ թե հողը: Այդ տարբերակների մասին ավելի մանրամասն կխոսենք հաջորդ բաժնում:

Խողովակաշարը լցված է ջրով, որը հանդես է գալիս որպես ջերմահաղորդիչ հեղուկ (ջերմակիր): Այդ ջրին սովորաբար անտիֆրիզ է ավելացվում, որպեսզի խիստ ցուրտ ձմռան պայմաններում այն չսառչի: Շուկայում կարելի է գտնել չսառչող լուծույթների մի մեծ տեսականի, որոնցից են՝ նատրիումի քլորիդը, կալցիումի քլորիդը, կալիումի կարբոնատը, կալիումի ացետատը, էթիլեն գլիկոլը, պրոպիլեն գլիկոլը, մեթիլային սպիրտը կամ էթիլային սպիրտը: Շուկայում առկա են էկոլոգիապես անվտանգ անտիֆրիզների տեսակներ: Դրանցից է, օրինակ, պրոպիլեն գլիկոլը, որը խիստ թունավոր էթիլեն գլիկոլի համեմատ անվտանգ է¹⁷:

Երկրաջերմային ջերմային պոմպերի համակարգի երկրորդ հիմնական բաղադրիչը հենց

¹⁵ “Geothermal Heat Pumps”, accessed September 2013, <http://www.wbdg.org/resources/geothermalheatpumps.php>

¹⁶ <http://www.epa.gov/ttn/atw/hlthef/vinylchl.html>

The piping can be closed loop or open loop. Within closed-loop piping, there are horizontal, vertical, or pond/lake systems. The piping can also be open-looped in the case that the underground heat source/sink is underground water and not soil. The next section will cover these variations in greater detail.

The piping is filled with water that acts as the heat transfer fluid. Typically, antifreeze is added to this water so that the water does not freeze in cold weather. There are many antifreeze solutions available in the market, including sodium chloride, calcium chloride, potassium carbonate, potassium acetate, ethylene glycol, propylene glycol, methyl alcohol, and ethyl alcohol. There are also environmentally safer antifreeze options available in the market. One such option is propylene glycol, as opposed to the highly toxic ethylene glycol.¹⁷

The second main key component of a geothermal heat pump system is the **heat pump** itself. The heat pump enables space heating, space cooling, or water heating, depending on the type of unit installed. The size of the building and its needs (e.g. space heating/cooling or water heating) may also require more than one heat pump.

Cooling and heating can be delivered to different parts of a building either by air or by water. A **delivery system** is basically ductwork (if air is used for delivery) and piping and/or radiators (if water is used for delivery). Radiators can be units that are installed on walls or pipes that are embedded in floors or walls, in effect making these floors and walls behave like radiators.

Closed-loop Geothermal Heat Pumps

Closed-loop geothermal heat pumps circulate water through pipes over and over again. There are three types of closed-loop systems: horizontal, vertical, and pond/lake. The exact type used for a given site will depend on geological and hydrological factors, as well as land availability. If soil has rocks and boulders, then shallower, horizontal depths may be the only feasible solution. If, on the other hand, land availability is limited, and geological conditions allow, deeper vertical solutions may be the only option.

ջերմային պոմպ է: Ջերմային պոմպը հնարավորություն է տալիս ջեռուցել, հովացնել տարածքը կամ ջուր տաքացնել՝ կախված տեղադրված սարքի տեսակից: Շենքի չափերից և կարիքներից (օրինակ՝ տարածքի ջեռուցում / հովացում, տաք ջուր) ելնելով՝ կարող է մեկից ավելի ջերմային պոմպի կարիք առաջանալ:

Շենքի տարբեր հատվածների հովացումը և ջեռուցումը կարելի է իրականացնել ինչպես օդի, այնպես էլ ջրի միջոցով: **Մատակարարման համակարգը** հիմնականում որևէ օդատար է (օդի կիրառման դեպքում) կամ՝ խողովակաշար և / կամ մարտկոցներ (ջրի կիրառման դեպքում): Մարտկոցները կարող են լինել այնպիսի սարքեր, որոնք տեղադրվում են պատերի վրա, կամ խողովակներ, որոնք թաղված են հատակի կամ պատերի մեջ և դրա արդյունքում հատակն ու պատերը գործում են որպես մարտկոցներ:

Փակ սխեմայով երկրաջերմային ջերմային պոմպեր

Փակ սխեմայով երկրաջերմային ջերմային պոմպերը կրկին ու կրկին շրջանառության մեջ են դնում խողովակների մեջ լցված ջուրը: Գոյություն ունեն երեք տեսակի փակ սխեմայով համակարգեր. հորիզոնական, ուղղահայաց և ավազանային/լճակով: Տվյալ տեղանքի համար կիրառվող համապատասխան համակարգի ընտրությունը կախված է բազմաթիվ գործոններից, այդ թվում՝ երկրաբանական, հիդրոլոգիական և հողի մատչելիությունը: Եթե հողում կան ապարներ և գլաքարեր, ապա միակ ընդունելի լուծումը կարող է լինել ավելի մակերեսային՝ հորիզոնական հարթությունների ընտրությունը: Եվ եթե հողի մատչելիությունը սահմանափակ է, և երկրաբանական պայմանները թույլ են տալիս, ապա միակ տարբերակը կարող է լինել խորքային և ուղղաձիգ լուծումները:

Փակ սխեմայով հորիզոնական համակարգեր

Հորիզոնական համակարգերում խողովակները տեղադրված են գետնի տակ՝ սովորաբար համեմատաբար փոքր խորությամբ խրամատների մեջ և ավելի մեծ տարածքով: Տիպիկ խրամատի չափերը լինում են՝ 1-ից 3 մ խորությամբ, 30-ից մինչև 120 մ երկարությամբ և 1-ից 2 մ լայնությամբ: Խրամատները փորվում են մեկը մյուսից 2-ից 4 մ հեռավորության վրա¹⁸: Հիշեք, որ չնայած դրանք ընդունված չափեր են, այդուհանդերձ, կարող են դրանցից մի շարք շեղումներ լինել:

¹⁷ “Antifreeze”, accessed October 2013, <http://www.epa.gov/epawaste/conservation/materials/antifree.htm>

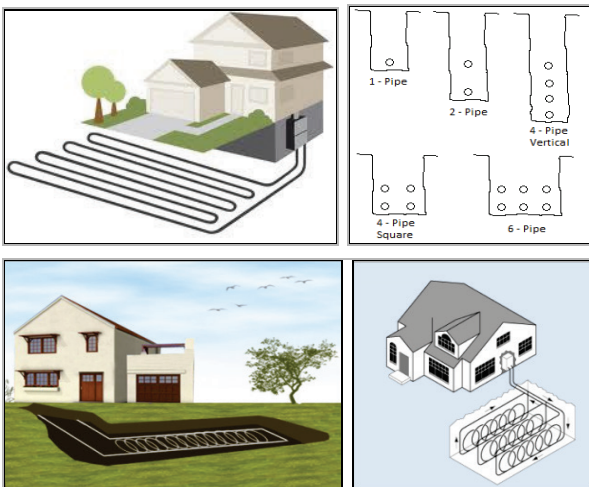
Horizontal Closed-loop Systems

In horizontal systems, pipes are laid out underground, typically in relatively shallow trenches over a large area. Typical trench dimensions ranges are: 1-3 meters deep, 30-120 meters long, and 1-2 meters wide.¹⁸ The trenches are spaced 2-4 meters apart.¹⁸ While these are typical dimensions, there may be many variations in reality.

The length of pipes has a direct impact on the heating and cooling capacity of a system. Typically, the more linear meters of piping you have, the higher capacity there is. Increased piping length can be achieved in several ways. One approach could be to add to the number of pipes in each trench. One to six pipes can be used in each trench. When there is more than one pipe, two or three can be placed next to each other 25-100 centimeters apart, or two or three can be stacked on top of each other 50-100 centimeters apart.

The advantage of using multiple pipes is that it reduces the length of piping needed, hence reducing the amount of land needed for trenches. A similar result can be achieved by using spiral piping, which offers greater surface area of piping per meter of trench. Figure 30 summarizes the varieties of horizontal closed-loop systems: single pipe, multiple pipes, spiral pipes laid horizontally, and spiral pipes laid vertically.

Figure 30. Variations of horizontal closed-loop systems



Նկար 30. Փակ սխեմայով հորիզոնական համակարգեր:

Համակարգի ջեռուցման և հովացման հզորությունն անմիջականորեն կախված է խողովակների երկարությունից: Սովորաբար, որքան երկար է խողովակաշարի գծամետրը, այնքան ավելի մեծ է ստացվող հզորությունը: Խողովակաշարը կարելի է ավելի երկարացնել մի քանի ձևերով: Ըստ հնարավոր լուծումներից մեկի՝ կարելի է ավելացնել յուրաքանչյուր խրամատում անցկացված խողովակների քանակը: Յուրաքանչյուր խրամատում կարելի է գցել մեկից մինչև վեց խողովակ: Մեկից ավելի խողովակների դեպքում դրանք տեղադրվում են իրար կողքի՝ երկու կամ երեքական՝ մեկը մյուսից 25-100 սմ հեռավորության վրա, և մեկը մյուսի վերևում՝ երկու կամ երեքական խողովակ՝ մեկը մյուսից 50-100 սմ բարձր:

Բազմաթիվ խողովակների կիրառման առավելությունն այն է, որ նվազեցնում է խողովակաշարի անհրաժեշտ երկարությունը և դրանով փոքրացվում խրամատների համար անհրաժեշտ հողատարածքի մեծությունը: Նման արդյունքի կարելի է հասնել պարուրածն խողովակաշարի միջոցով, որն իրականացնելիս անհրաժեշտ կլինի խրամատի յուրաքանչյուր մետրում ավելի մեծ տարածք փորել: Նկ. 30-ում բերված են փակ սխեմայով հորիզոնական համակարգերի մի շարք տարբերակներ՝ մեկ խողովակով, բազմաթիվ խողովակներով, պարուրածն խողովակներով՝ իրականացված հորիզոնական դիրքով, և պարուրածն խողովակներով՝ ուղղահայաց դիրքով:

Փակ սխեմայով ուղղահայաց համակարգեր

Փակ սխեմայով ուղղահայաց համակարգերը կիրառվում են այն դեպքերում, երբ հողատարածքի առկայությունը սահմանափակ է: Զաղաքային պայմաններում շատ դեպքերում միակ մատչելի հողատարածքն, օրինակ, հիմնականում այն է, ինչ գտնվում է շենքի տակ: Ուղղահայաց համակարգերի դեպքում ընդարձակ հորիզոնական մակերեսների վրա տեղադրելու փոխարեն՝ փակ սխեմայով խողովակաշարը տեղադրվում է մոտ 10 սմ տրամագծով¹⁹ փորված հորատանցքերի մեջ: Հորատանցքերի խորությունը սովորաբար լինում է 20-ից մինչև 100 մ միջակայքում: Անցքերը չպետք է լինեն մեկը մյուսից 5 կամ 6 մ-ից ավելի մոտ²⁰ (Նկ. 31):

Ամբողջ աշխարհում բազմաթիվ խոշոր փակ սխեմայով ուղղահայաց համակարգեր են շահագործվում: Ուշագրավ օրինակներից մեկը *Linked Hybrid*-ն է՝ 600 բնակարաններից բաղկացած խառն օգտագործման մի համալիր, որը Չինաստանի մայրաքաղաք Պեկինի

¹⁸ Steve Doty and Wayne Turner, *Energy Management Handbook*, 7th Edition, Lilburn: Fairmont Press, 2009, 731.

Vertical Closed-loop Systems

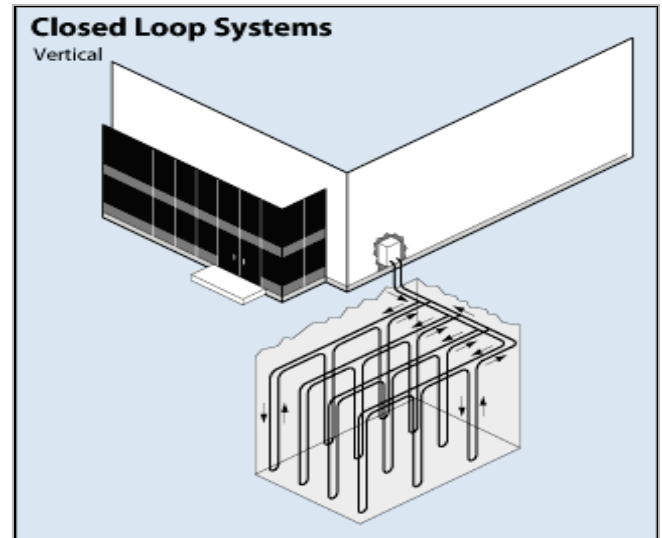
Vertical closed-loop systems are used when land availability is limited. In many urban settings, for instance, the land available is basically what is under the building.

In vertical systems, instead of spreading the piping horizontally over long distances, holes of approximately 10 centimeters in diameter¹⁹ are bored, into which the closed-loop pipes are inserted. The depth of holes can typically range from 20-100 meters. The wells should not be closer than 5 or 6 meters to each other (Figure 31).²⁰

There are many large vertical closed-loop systems employed around the world. One noteworthy example is the Linked Hybrid, a 600-unit residential mixed-use complex designed by Steven Holl for Beijing, China (Figure 32). The complex has 660 vertical wells, each 100 meters deep, providing the complex with 5 megawatts of cooling and heating capacity.

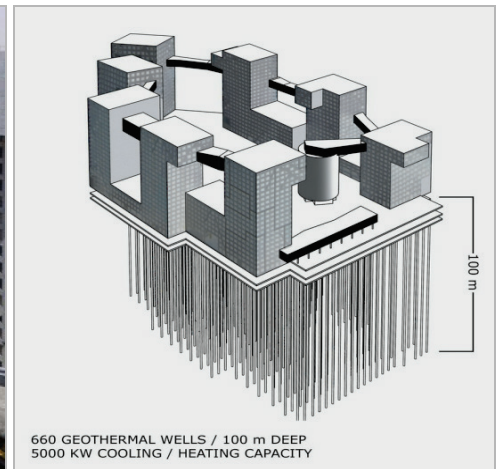
համար նախագծել է Սթիվեն Հոլը (Նկ. 32): Համալիրն ունի յուրաքանչյուրը 100մ խորությամբ 660 ուղղահայաց հորատանցք, որոնք ապահովում են հովացման/ջեռուցման 5 ՄՎտ հզորություն:

Figure 31. Vertical closed-loop system.



Նկար 31. Փակ սխեմայով ուղղահայաց համակարգ:

Figure 32. Linked Hybrid by Steven Holl uses 660 vertical closed-loop geothermal wells for cooling and heating the complex



Նկար 32. Սթիվեն Հոլի Linked Hybrid-ը: Համալիրը հովացվում/ջեռուցվում է փակ սխեմայով 660 երկրաջերմային հորատանցքերի միջոցով (աջ պատկերին՝ 660 երկրաջերմային հորատանցքեր, յուրաքանչյուրը՝ 100մ խորությամբ, ջեռուցման/հովացման հզորությունը՝ 5000կՎտ)

Pond / Lake

Like soil, large bodies of water also store heat at relatively constant temperatures. When a site has surface water, like a pond or a lake, using the stored heat in the body of water may be the most cost effective option as there will be no digging and moving of

Ավազան / լճակ

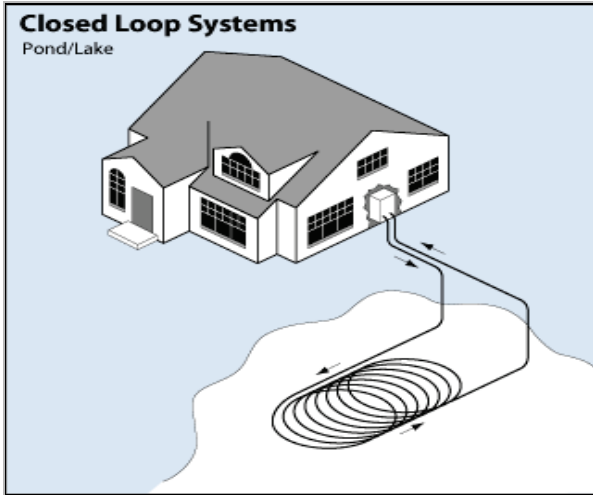
Խոշոր ջրային զանգվածը նույնպես՝ ինչպես հողը, ընդունակ է համեմատաբար հաստատուն ջերմաստիճանում ջերմությունը պահպանել: Երբ տարածքում մակերեսային ջրի ավազան կամ լճակ կա, ապա այդ ջրային զանգվածի կողմից կուտակված էներգիայի օգտագործումը

¹⁹ “Geothermal Heat Pumps”, accessed July 2014, <http://energy.gov/energysaver/articles/geothermal-heat-pumps>

²⁰ Doty and Turner, *Energy Management Handbook*, 732.

earth. It is recommended that the pipe loop be placed deeper than 1.5 to 2 meters below the surface of the water. It is also recommended that the pipes be kept, when possible, 25 to 50 centimeters above the pond floor.

Figure 33. Pond/Lake closed-loop systems.



Նկար 33. Փակ սխեմայով ավազանային/ճակային համակարգ:

Open-loop Geothermal Heat Pumps

Open-loop systems are used when there is an underground or surface body of water that can act as the heat transfer fluid. In these systems, it is the underground or surface water that is transferred through the pipes. Once used for emitting or absorbing heat, the water is returned to the body of water.

There are several special considerations for open-loop systems. One factor is the quality of water. If the water is too rich in minerals and salts, it can lead to corrosion or blockage of the equipment. Another factor is to ensure that enough water is available for the needs of the building. Local regulations may also have an impact on how much water you can withdraw. Similar regulations may also affect how much and the way in which water can be discharged either into injection wells or into open streams or other bodies of water.²¹

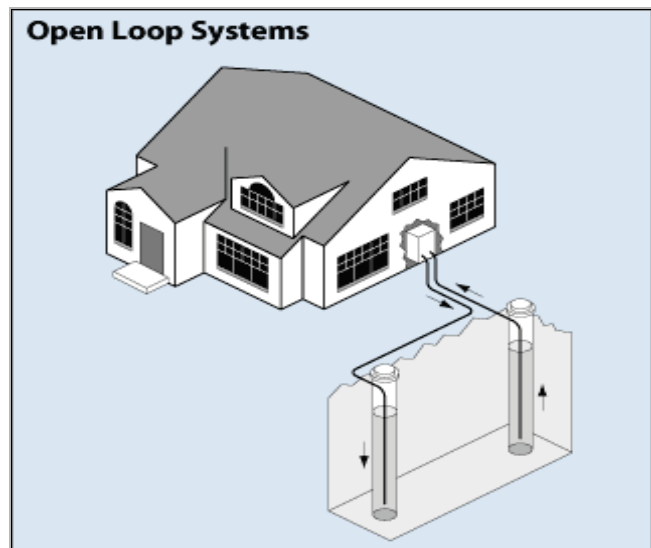
կարող է ամենածախսարդյունավետ տարբերակը լինել, քանի որ այդ դեպքում հողը քանդելու և տեղափոխելու անհրաժեշտություն չի առաջանում: Խորհուրդ է տրվում խողովակաշարն անցկացնել ջրի մակերեսից ոչ ավելի քան 1.5-ից 2 մ խորության վրա: Նաև՝ հնարավորության դեպքում խողովակները պահել ջրի հատակից 25-ից 50սմ բարձրության վրա:

Բաց սխեմայով երկրաջերմային ջերմային պոմպեր

Բաց սխեմայով երկրաջերմային ջերմային պոմպերը կիրառվում են այն դեպքերում, երբ կան ստորգետնյա կամ մակերեսային ջրի այնպիսի զանգվածներ, որոնք կարող են օգտագործվել որպես ջերմահաղորդիչ հեղուկ: Այդ համակարգերում խողովակներով հոսող ստորգետնյա կամ մակերեսային ջուրն է: Իր կողմից կլանված ջերմությունն անջատելուց հետո ջուրը ետ է վերադարձվում ավազան:

Բաց սխեմայով համակարգերի առումով մի քանի հատուկ նկատառումներ կան: Գործոններից մեկը ջրի որակն է: Եթե ջուրը շատ է հագեցված հանքային նյութերով և աղերով, ապա դա կարող է հանգեցնել սարքավորումների կոռոզիայի կամ խցանումների: Մյուս գործոնը շենքի կարիքների համար ջրի բավարար քանակության առկայությունն է: Տեղական օրենքները նույնպես կարող են ազդել ջրառի թույլատրելի քանակության վրա: Տեղական օրենքները կարող են ազդել նաև արտանետվող ջրի քանակի և արտանետման ձևի վրա՝ որոշելով, թե ուր պետք է արտանետվի ջուրը՝ հորերը կամ ջրի բաց հոսանքների, կամ այլ ավազանի մեջ²¹:

Figure 34. Open-loop systems



Նկար 34. Բաց սխեմայով համակարգեր

²¹ *ibid*, 733 / նույն աղբյուրը, էջ 733

COGENERATION OR COMBINED HEAT AND POWER (CHP)

Processes that use the combustion of natural gas, biogas, oil, and biomass for generating electricity also produce lots of “waste heat”. More than 70% of the original energy can be lost in the form of heat. Cogeneration captures this waste heat and puts it to work to heat water, heat space, or even generate more electricity. In this sense, heat and electricity are “cogenerated”. This is also why systems are often called combined heat and power (CHP) plants. Cogeneration in industrial and utility-scale power generation has been used since the early 20th century.

CHP technologies can also be applied at the community or individual-building level. At such a level they are called small-CHP or micro-CHP. All five CHP technologies identified in Figure 35 come in a variety of sizes. Steam turbines and gas turbines, for instance, each come in as small as half a megawatt. They can be easily used at the district or community level. Reciprocal engines (smallest 10 kW), microturbines (smallest 30 kW), and fuel cells (smallest 5 kW) can even be used at the building level.



կարողակով: Միոնգավոր շարժիչները (ամենափոքրը՝ 10 կՎտ հզորությամբ), միկրոտուրբինները (ամենափոքրը՝ 30 կՎտ հզորությամբ), և հաստատուն հոսանքի էլեմենտները/սարքերը (ամենափոքրը՝ 5 կՎտ հզորությամբ) կարող են օգտագործվել նույնիսկ շենքի մակարդակով:

ԿՈԳԵՆԵՐԱՑԻԱ ԿԱՄ ԶԵՐՄԱՅԻՆ ԵՎ ԷԼԵԿՏՐԱԿԱՆ ԷՆԵՐԳԻԱՅԻ ՅԱՄԱԿՑՎԱԾ ԱՐՏԱԴՐՈՒԹՅՈՒՆ (ՁԷՅԱ)

Էլեկտրաէներգիայի արտադրության համար այրվող բնական գազը, կենսագազը, նավթը և կենսազանգվածը միևնույն ժամանակ արտադրում են նաև մեծ քանակությամբ ջերմային թափոններ: Բուն էներգիայի ավելի քան 70%-ը կարող է կորչել ջերմության տեսքով: Կոգեներացիան որսում է այս «ջերմային թափոնները» և դրանք բանեցնում ջուր տաքացնելու, տարածքը ջեռուցելու կամ հովացնելու կամ, որոշ դեպքերում, լրացուցիչ էլեկտրաէներգիա արտադրելու համար: Այս առումով ջերմությունն ու էլեկտրաէներգիան արտադրվում են «համակցված»: Սա է նաև պատճառը, որ նման համակարգերը հաճախ կոչվում են էլեկտրական և ջերմային էներգիայի համակցված արտադրության (ՁԷՅԱ) կայաններ: Արդյունաբերության և կայանի մակարդակով էներգիայի արտադրության կոգեներացիան սկսել է կիրառվել դեռ 20-րդ դարի սկզբներից:

ՁԷՅԱ տեխնոլոգիաները նույնպես կարող են կիրառվել համայնքային կամ առանձին շենքերի մակարդակում: Այդ մակարդակներում դրանք կոչվում են փոքր ՁԷՅԱ կամ միկրո ՁԷՅԱ: Նկ. 35-ում պատկերված բոլոր հինգ ՁԷՅԱ տեխնոլոգիաները լինում են տարբեր չափերի: Շոգետուրբինները և գազատուրբինները, օրինակ, լինում են կես ՄՎտ հզորությամբ: Դրանք կարող են հեշտությամբ օգտագործվել թաղամասի կամ համայնքային մա-

Figure 35. Key CHP technologies, their size, performance and cost

Source: US Environmental Protection Agency, *Catalog of CHP Technologies*, Washington, D.C., 2008.

Technology ● Տեխնոլոգիա	Steam Turbine ● Շոգե-տուրբին	Reciprocal Engine ● Մխոցային շարժիչ	Gas Turbine ● Գազատուրբին	Microturbine ● Միկրոտուրբին	Fuel Cell ● Վառելիք
Power efficiency / Էներգաարդյունավետություն	15-38%	22-40%	22-63%	18-27%	30-63%
Overall efficiency / Ընդհանուր արդյունավետություն	80%	70-80%	70-75%	65-75%	55-80%
Effective electrical efficiency / Արդյունավետ էլեկտրական արդյունավետությունը	75%	70-80%	50-70%	50-70%	55-80%
Typical capacity (electricity) / Զգորություն (էլեկտրականություն)	0.5 to 250 MW	10 kW to 5 MW	0.5 to 250 MW	30 to 250 MW	5kW to 250 MW
Typical power-to-heat ratio / Զգորություն / էլեկտրական / ջերմություն հարաբերակցությունը	0.1-0.3	0.5-1	0.5-2	0.4-0.7	1.0-2
CHP installed cost (\$ per kW) / ՋԷՀԱ տեղադրված արժեքը (\$ / կվտ էլեկտրաէներգիա)	430-1100	1100-2200	970-1300 (5-40 MW)	2400-3000	5000-6500
O&M costs (\$ per kWh of electricity) / Շահագործման և պահպանման ծախսերը (\$/կվտժ էլեկտրաէներգիա)	<0.005	0.0009-0.022	0.004-0.011	0.012-0.025	0.032-0.038
Fuels / Վառելիքներ	All	Natural gas, biogas, propane, landfill gas / Բնական գազ, կենսագազ, պրոպան, աղբավայրի գազ	Natural gas, biogas, propane, oil / Բնական գազ, կենսագազ, պրոպան, նավթ	Natural gas, biogas, propane, oil / Բնական գազ, կենսագազ, պրոպան, նավթ	Hydrogen, natural gas, propane, methanol / Ջրածին, բնական գազ, պրոպան, մեթանոլ
Noise / աղմուկ	high / բարձր	high / բարձր	moderate / չափավոր	moderate / չափավոր	low / ցածր

Աղբյուրը՝ ԱՄՆ Բնապահպանական գործակալության՝ “Catalog of CHP Technologies”-ից (դեկտեմբեր, 2008թ.) քաղվածք:

Նկար 35. Զիմնական ՋԷՀԱ տեխնոլոգիաները, դրանց չափերը, արդյունավետության ցուցանիշները և արժեքը:

At the building or community level, CHP turbines, engines, or fuel cells would generate on-site electricity to meet building needs while using excess heat for heating purposes. Aside from the great efficiency of CHP, on-site generation also saves on energy losses that occur while transmitting electricity. An estimated 8-12% of electrical power is lost during transmission. Moreover, given the great flexibility of many CHP technologies, they can be a useful addition to existing sources of power and heat in the industrial, commercial, and residential sectors.

There are, however, several conditions that make the use of CHP more sensible. A best

Շենքի կամ համայնքային մակարդակով ՋԷՀԱ տուրբինները, շարժիչները կամ վառելիքային բջիջները կարող են տվյալ շենքի կարիքները բավարարելու համար հենց տեղում էլեկտրաէներգիա արտադրել, իսկ ավելցուկ ջերմությունն օգտագործվի շենքի ջեռուցման կարիքների համար: Բացի ՋԷՀԱ բարձր արդյունավետությունից, տեղում արտադրված էներգիայի շնորհիվ հնարավոր է դառնում նվազեցնել ցանցից առաջացող էլեկտրաէներգիայի փոխադրման կորուստները: Ըստ հաշվարկների՝ ցանցից էլեկտրաէներգիայի փոխադրման կորուստները հասնում են մինչև 8-12%: Բացի այդ, հաշվի առնելով ՋԷՀԱ տեխնոլոգիաներից շատերի մեծ ճկունությունը, դրանք կարող են արդյունաբերական, առևտրային և բնակելի

case may be, for instance, a site with year-round heat demand. The units installed have to be the right size, based on accurate energy-demand estimates. Units that are too large will waste energy, significantly reducing the economic feasibility of the investment. There must also be a steady supply of input fuels, e.g. natural gas, biogas, etc.

Figure 36. A 30-kW microturbine by Capstone (www.capstone.com)



Նկար 36. Capstone արտադրության 30 կՎտ միկրոտուրբինը (www.capstone.com)

In December 2009, cogeneration technology was used in the rehabilitation of district heating in the Avan residential neighborhood in Yerevan. Implemented as part of the UNDP-GEF “Improving the Energy Efficiency of Municipal Heating and Hot Water Supply” project, the district heating system was restored to employ cogeneration. The Avan district heating system restoration project covered 76 buildings (3,350 apartments and more than 10,000 residents). These buildings are now connected to the new autonomous thermal power plant, which is equipped with two cogeneration units (of 2 MW_e and 2.18 MW_h capacity each) and two peak heat only boilers (7.6 MW each). Restoration work included the full reconstruction of primary and distribution networks, the re-design of the internal distribution system of buildings (from vertical to horizontal), the installation of new internal heating and hot-water supply networks, radiators equipped with regulators, and the installation of heat and hot-water meters in preparation for the introduction of a consumption-based payment system.

The project showed that adoption of the preferential feed-in tariff for electricity produced from cogeneration and sold to the national grid allowed for an affordable heat tariff for residents.

հատվածներում գոյություն ունեցող էլեկտրական և ջերմային էներգիայի աղբյուրների համար օգտակար լրացում հանդիսանալ:

Սակայն կան որոշակի հանգամանքներ, որոնք ՁԷՀԱ կիրառումն ավելի իմաստալից են դարձնում, ինչպես, օրինակ, ամբողջ տարվա ընթացքում ջերմային էներգիայի կայուն պահանջարկը: Այստեղ տեղադրված էներգաբլոկները պետք է լինեն ճիշտ չափերի՝ ըստ էներգիայի պահանջարկի գնահատման ճշգրիտ հաշվարկների, քանի որ չափազանց մեծ բլոկներն էներգիա են վատնելու և զգալիորեն նվազեցնելու են ներդրումների տնտեսական շահավետությունը: Դրանք պետք է ունենան նաև վառելիքի՝ բնական գազի, կենսագազի և այլնի մատակարարման մշտական աղբյուր:

Երևան քաղաքի Ավան բնակելի թաղամասի կենտրոնացված ջեռուցման կայանի վերականգնողական աշխատանքների ժամանակ 2009թ. դեկտեմբերին համակցված արտադրության տեխնոլոգիա է կիրառվել: Նախագիծն իրականացվել է «Քաղաքային ջեռուցման և տաք ջրամատակարարման էներգաարդյունավետության բարձրացում» ՄԱԾԾ-ԳԷՖ ծրագրի շրջանակում: Դրա արդյունքում՝ էներգիայի համակցված արտադրության հիման վրա վերականգնվել է թաղամասի կենտրոնական ջեռուցման՝ 76 բնակելի շենքեր (3,350 բնակարան և ավելի քան 10,000 բնակիչ) ընդգրկող համակարգը: Շենքերի էներգամատակարարումը կատարվում է ինքնավար ՁԷԿ-ի միջոցով, որն ունի երկու համակցված արտադրության տեղակայանք, յուրաքանչյուրը՝ 2 ՄՎտ է և 2.18 ՄՎտ₂ հզորությամբ և պիկային ջեռուցման համար երկու կաթսաներ, յուրաքանչյուրը՝ 7.6 ՄՎտ հզորությամբ: Վերականգնման աշխատանքները ներառել են մայրուղային և բաշխիչ ցանցերի ամբողջական վերակառուցում, շենքերի ներքին բաշխման համակարգի վերանախագծում (ուղղահայացից՝ հորիզոնականի), ջեռուցման և տաք ջրամատակարարման ներտնային նոր ցանցերի կառուցում, ներառյալ կարգավորիչ փականներով զինված ջեռուցման մարտկոցներ, ինչպես նաև փաստացի սպառման հիման վրա վճարային համակարգի սահուն ներդրման համար ջերմային էներգիայի և տաք ջրի հաշվիչների տեղադրում:

Ծրագիրը ցուցադրել է, որ կոգեներացիայի միջոցով արտադրված էլեկտրաէներգիայի համար արտոնյալ/նպաստավոր առաքման սակագին սահմանելը և այդ էներգիան ազգային ցանցին վաճառելը թույլ է տալիս բնակիչների համար ջերմային էներգիայի սակագինը պահել մատչելի մակարդակի վրա:

Figure 37. The new autonomous thermal power plant with 2 CHP blocks (Yerevan, Armenia)



Նկար 37. Ավանի կենտրոնացված ջեռուցման վերակառուցված կայանը՝ 2 ՋԷՀԱ բլոկներով (Երևան, Հայաստան):

Reading List | Ընթերցանության կյուրեր

Tim, Sharpe, Tim (ed), *Building Integrated Renewable Energy: Technical and Aesthetic Performance of Renewable Energy Systems on Buildings*, Berlin: Springer, 2015 (forthcoming).

Robert Simon and Nicolo Guariento, *Building Integrated Photovoltaic: A Handbook*. Basel: Birkhäuser GmbH, 2009.

Ռ.Խարազյան, «Վերականգնվող էներգիայի աղբյուրներ և տեխնոլոգիաներ», Երևան, ՄԱՉԾ, 2012թ. [Robert Kharazyan, *Renewable Energy Sources and Technologies*, Yerevan: UNDP, 2012] (available from | ներբեռնելի՝ www.nature-ic.am).

Peter Gevorkian, *Alternative Energy Systems in Building Design*. New York: McGraw-Hill, 2009.

Whole Building Design Guide - Building Integrated Photovoltaic
<http://www.wbdg.org/resources/bipv.php>.

Audiovisual Materials

Students are encouraged to search through the multitude of online resources for audiovisual materials.

Discussion Questions

1. Why should a building owner want to have a building-integrated energy supply?
2. What are the key factors you will consider when integrating PV into your building design?
3. What are the key components of a PV system?
4. What are the key considerations in using wind turbines in buildings?
5. In your opinion, what is the best way to address the intermittent nature of PV and wind power?
6. In less than a minute, can you explain how geothermal heat pumps work?
7. What are the advantages and disadvantages of cogeneration?

Տեսաձայնային կյուրեր

Ուսանողները խրախուսվում են փնտրելու տեսաձայնային կյուրեր առցանց ռեսուրսների բազմության մեջ:

Հարցեր բանավեճերի համար

1. Ինչո՞ւ շենքի սեփականատերը պետք է ցանկանա ունենալ շենքի մեջ ինտեգրված՝ էներգիայի մատակարարում:
2. Ո՞ր առանցքային գործոնները հաշվի եք առնելու շենքի նախագծում ՖՎ ինտեգրելիս:
3. Որո՞նք են ՖՎ համակարգի հիմնական բաղադրիչները:
4. Որո՞նք եք շենքերում հողմային տուրբինների օգտագործելու հիմնական նկատառումները:
5. Ձեր կարծիքով, ո՞րն է ՖՎ և հողմային էներգիայի ընդմիջվող բնույթին անդրադառնալու լավագույն միջոցը:
6. Մեկ րոպեից պակաս ժամանակում բացատրեք, թե ինչպես են գործում երկրաջերմային պոմպերը:
7. Որո՞նք են էներգիայի համակցված արտադրության (կոգեներացիա) առավելություններն ու թերությունները: