

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

ՀԱՄԱԳԵՐԻՆԱԿՆԵՐ | 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 4

ENERGY EFFICIENCY IN BUILDINGS: PASSIVE SOLUTIONS



Մոդուլ 4

ԾԵՆՔԵՐԻ ԷՆԵՐԳԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏՈՒԹՅՈՒՆԸ. ՊԱՍԻՎ ԼՈՒԾՈՒՄՆԵՐ



Module 4
**ENERGY EFFICIENCY IN BUILDINGS:
PASSIVE SOLUTIONS**



Մոդուլ 4
**ՇԵՆՔԵՐԻ ԷՆԵՐԳԱՐԴՅՈՒՆԱՎԵՏՈՒԹՅՈՒՆԸ.
ՊԱՍԻՎ ԼՈՒԾՈՒՄՆԵՐ**

Module 4

Մոդուլ 4

Module Plan and Learning Outcomes	113	Մոդուլի պլանը և ուսուցման արդյունքները
Core Concepts	113	Հիմնական հասկացությունները
INTRODUCTION	114	Ներածություն
BUILDING ORIENTATION	115	Շենքի կողմնորոշումը
SHADING	118	Ստվերում
DAYLIGHTING	121	Ցերեկային լուսավորություն
COOL ROOFS	126	Հով տանիքներ
GREEN ROOFS	131	Կանաչ տանիքներ
NATURAL VENTILATION	135	Բնական օդափոխություն
Reading List	142	Ընթերցանության նյութեր
Audiovisual Material	142	Տեսաձայնային նյութեր
Discussion Questions	142	Հարցեր բանավեճերի համար

Module Plan and Learning Outcomes

PLAN:

Outline and explain the core concepts for passive solutions to gain energy efficiency in buildings.

Student Learning Outcomes:

- Demonstrate understanding of the core concepts of passive solutions for energy efficiency in buildings;
- Be able to explain the difference between passive and mechanical solutions to creating thermal comfort, ventilation, and visual comfort;
- Be able to identify examples of passive solutions.

Core Concepts

Building orientation
 Solar position
 Heat-island effect
 Thermal mass
 Shading (planting, structures, and massing)
 Daylighting
 Light shelf
 Albedo
 Solar reflectance
 Thermal emittance

Solar reflectance index (SRI)
 Cool roof
 Green roof (extensive, semi-intensive, intensive)
 Natural ventilation
 Windcatcher
 ASHRAE Standard 62
 Mechanical ventilation
 Forced ventilation
 Hybrid ventilation
 Infiltration
 Wind direction (windward, leeward)
 Pressure (positive and negative)
 Stack ventilation
 Buoyancy of air
 Solar chimney

Մոդուլի պլանը և ուսուցման արդյունքները

ՊԼԱՆ

Շենքերի էներգետիկ արդյունավետության բարձրացմանն ուղղված պասիվ լուծումների հիմնական սկզբունքների նկարագրումն ու բացատրությունը:

Ուսանողների ուսուցման արդյունքները.

- Շենքերի էներգետիկ արդյունավետության բարձրացմանն ուղղված պասիվ լուծումների հիմնական սկզբունքների հասկացության ցուցաբերում,
- Ջերմային հարմարավետության, օդափոխության և տեսանելի հարմարավետության ստեղծմանն ուղղված պասիվ և մեխանիկական լուծումների տարբերության բացատրության ունակության,
- Պասիվ լուծումների օրինակների հասկացության ունակության ցուցաբերում:

Հիմնական հասկացությունները

Շենքի կողմնորոշում
 Արեգակի դիրք
 Ջերմային կղզյակի էֆեկտ
 Ջերմային զանգված
 Ստվերում (բուսականություն, կառուցվածքային և ծավալային լուծումներ)
 Բնական լուսավորություն
 Լուսային շելֆ (հետք)
 Ալբեդո
 Արեգակի ճառագայթման անդրադարձումը (անդրադարձելիություն)
 Ջերմային ճառագայթում
 Արեգակնային անդրադարձման ինդեքս (ԱԹԻ)
 Հով տանիք
 Կանաչ տանիք (էքստենսիվ, կիսահետենսիվ և ինտենսիվ)
 Բնական օդափոխություն
 Հողմորսիչ
 ASHRAE 62 ստանդարտը
 Մեխանիկական (ստիպողական) օդափոխում
 Ստիպողական ներածող օդափոխում
 Հիբրիդ օդափոխում
 Ինֆիլտրացիա (օդի ներթափանցում)
 Քամու ուղղություն (հողմակողմ, հողմահակառակ)
 Ճնշում (դրական և բացասական)
 Շերտային օդափոխում
 Օդի դուրս մղման ուժ
 Արեգակնային խողովակ (ծխնեղույզի նմանակ)

INTRODUCTION

To have thermal comfort and adequate ventilation, very often energy needs to be expended, i.e. we need to burn natural gas, consume electricity, or some other resource to increase or decrease temperatures, humidity, or air flow in our rooms or buildings to increase our level of comfort.

The challenge for architects and engineers is to design buildings that will require minimal energy inputs for desired thermal, ventilation, and lighting comfort. While this sounds like an obvious point, most building design in the post-World War II (WWII) era has taken the availability of abundant and inexpensive fuel and electricity for granted.

Building design from ancient times often relied on ingenious use of the forces of nature to create comfortable interior environments. Wind catchers in deserts and hot countries used movements of wind and flows of underground water to cool the interior of buildings without energy input. Buildings were massed to create narrow alleys, which in turn increased shading and wind flow in the summer. To increase the flow of light into rooms, angles of walls framing the windows were modulated to let in more light throughout the day. In deciding on the location of a building, southerly exposure to the sun was a key decision factor going as far back as cave dwellers.

Collectively, many of these solutions have come to be known as “passive” solutions. These are solutions that, by use of clever and often simple and inexpensive techniques, reduce the demand for energy inputs in building operations. These solutions are in contrast to mechanical solutions, such as heating, air conditioning, and mechanical ventilation units in widespread use, especially after WWII in Western countries. This trend is rising rapidly worldwide.

With increased emphasis on environmentally sustainable architecture, there is a re-emergence of interest in “passive” solutions. This module will discuss several “passive” solutions, including building orientation, natural ventilation, passive cooling, daylighting, shading, cool roofs, etc.

Later modules will discuss another set of passive solutions related to the building envelope, i.e. building cladding; the insulation

ՆԵՐԱԾՈՒԹՅՈՒՆ

Ջերմային հարմարավետություն և համապատասխան օդափոխում ունենալու համար շատ հաճախ անհրաժեշտ է էներգիա ծախսել: Իսկ դա նշանակում է, որ մենք պետք է բնական գազ վառենք, կամ էլեկտրականություն օգտագործենք, կամ էներգիայի մեկ այլ աղբյուրից օգտվենք, որպեսզի մեր կացարաններում կամ շենքերում բարձրացնենք կամ իջեցնենք օդի ջերմաստիճանն ու խոնավությունը, ապահովենք օդի շրջանառությունը և, այսպիսով, բարձրացնենք մեր կեցության հարմարավետության մակարդակը:

Ճարտարապետների և ճարտարագետների խնդիրը այնպիսի շենքերի նախագծման մեջ է, որոնք ի վիճակի գտնվեն՝ օգտագործելով նվազագույն քանակությամբ էներգիա, ապահովել ցանկալի ջերմային, օդափոխման և լուսավորության հարմարավետություն: Չնայած այս ամենը թվում է բավական ակնհայտ ու տրամաբանական, այնուամենայնիվ, Երկրորդ համաշխարհային պատերազմից հետո նախագծված շենքերի մեծամասնության հեղինակներն ընդունել են էժան ու մատչելի վառելիքների և էլեկտրաէներգիայի առատության կանխավարկածը:

Կացարանների ներքին հարմարավետության ստեղծման համար դեռևս հնագույն ժամանակներից շենքերի նախագծումը հիմնվել է բնության ուժերի օգտագործման վրա: Անապատային կամ շոգ երկրներում հողմորսիչները և ստորգետնյա ջրերի հոսքերն օգտագործվել են առանց էներգիա ծախսելու կացարանների ներսը հովացնելու նպատակով: Խիտ շինարարության արդյունքում առաջանում էին նեղլիկ փողոցներ և նրբանցքներ, որոնք մեծացնում էին ստվերումը և քամու հոսքն ամառային շրջանում: Ամբողջ օրվա ընթացքում բնական լույսի հոսքը դեպի սենքերը մեծացնելու նպատակով փոփոխում էին պատուհանների շուրջ պատի հատվածների թեքման անկյունները: Շենքերի կողմնորոշման վերաբերյալ որոշման ընդունման ժամանակ հատուկ ուշադրություն էին դարձնում հարավային կողմնորոշմանը՝ այն համարելով կարևոր գործոն դեռևս քարանձավային մարդկանց ժամանակաշրջանում:

Ընդհանուր առմամբ՝ այդ լուծումների մեծ մասը հայտնի է «պասիվ լուծումներ» անվամբ: Այլ կերպ ասած՝ դրանք լուծումներ են, որոնցում օգտագործվում են պարզագույն և ողջամիտ, հաճախ ոչ թանկարժեք տեխնիկական միջոցներ, որոնք թույլ են տալիս կրճատել էներգիայի պահանջարկը շենքի շահագործման ամբողջ ժամանակահատվածում: Այդ լուծումներն

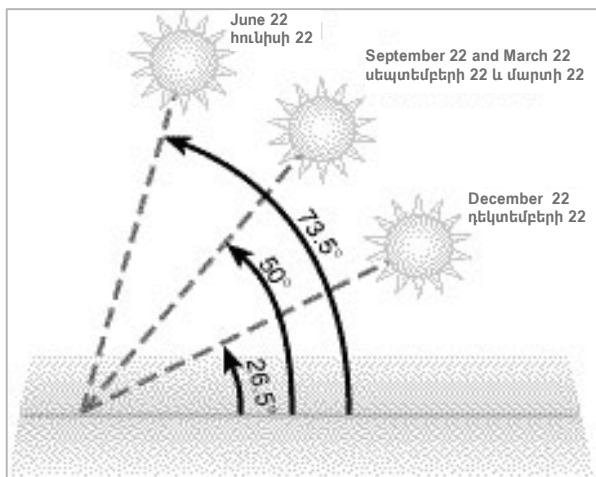
of walls, roof, and flooring; elimination of thermal bridges; appropriate selection and installation of windows and doors.

Building Orientation

How a building is positioned in relation to the sun can have a significant impact on its energy demands. Many ancient societies understood this. Whenever they had a choice, cave dwellers across the northern hemisphere selected sites with southern exposure. This increased solar heat gain in winter while minimizing summer gains.

Because of the slight tilt in the axis of the Earth, i.e. 23.5 degrees in relation to the orbit of the earth around the sun, the position of the sun in the sky changes throughout the year. In the summer the sun is at a higher point in the sky than it is in the winter. This shifting solar position is illustrated in Figure 1; however, the exact angles for the given times will differ depending on exactly where in the northern hemisphere you are located.

Figure 1. Seasonal change in location of the sun in the northern hemisphere (exact angles may change depending on specific location)



Նկար 1. Արեգակի դիրքի տարեկան փոփոխությունը Հյուսիսային կիսագնդում (անկյունների ճշգրիտ արժեքները կախված են տեղի աշխարհագրական լայնությունից)

Among the most famous cave dwellings utilizing this approach are the ones in Mesa Verde, built by the Anasazi, in Colorado, US. The Anasazi people inhabited the site from around 600-1300 AD. The site benefits from the overhang cliff, which provides shade during high sun in the summer (Figure 2).

անմիջական հակոտնյա են և փոխազդող այնպիսի մեխանիկական լուծումների, ինչպիսիք են շեռուցումը, օդորակումը, ստիպողական օդափոխումը, որոնք լայնորեն կիրառվեցին հատկապես Երկրորդ համաշխարհային պատերազմից հետո արևմտյան երկրներում և շարունակում են արագորեն տարածվել ամենուր, ամբողջ աշխարհում:

«Պասիվ» համակարգերի նկատմամբ հետաքրքրության վերածնունդը կապված է նախ և առաջ շրջակա միջավայրի նկատմամբ կայուն բնապահպանական ճարտարապետության պահանջների հետ: Սույն ուսուցողական մոդուլի մնացած բաժիններում մենք կքննարկենք այդ «պասիվ» լուծումներից մի քանիսը, մասնավորապես՝ շենքի կողմնորոշումը, բնական օդափոխությունը, պասիվ հովացումը, բնական լուսավորությունը, ստվերումը, հով տանիքները և այլն:

Հաջորդ մոդուլներում կքննարկվեն շենքերի պատող կոնստրուկցիաներին վերաբերող՝ պասիվ լուծումների ևս մեկ կատեգորիա, այսինքն՝ շենքի որմնապատման, պատերի, հատակի և տանիքի շերտամեկուսացման, ցրտի կամրջակների վերացման, ինչպես նաև համապատասխան պատուհանների ու դռների ընտրության և կիրառման վերաբերյալ:

Շենքի կողմնորոշումը

Շենքի կողմնորոշումն Արեգակի նկատմամբ կարող է նշանակալի ազդեցություն ունենալ կառույցի էներգապահանջարկի վրա: Այդ հանգամանքը հասկանում էին հնագույն շատ հասարակություններ: Հյուսիսային կիսագնդի բնակիչները հնարավորության դեպքում գերադասում էին իրենց քարանձավներն ընտրել այնպես, որպեսզի կողմնորոշումը լինի դեպի հարավ: Դա հնարավորություն էր տալիս ավելացնել արևային շերտության ստացքը ձմռանը և նվազագույնի հասցնել ամռանը:

Արեգակի դիրքը երկնակամարի վրա տարվա ընթացքում անընդհատ փոխվում է Արեգակի շուրջ տարեկան պտույտի հարթության նկատմամբ Երկրի պտտման առանցքի փոքր՝ մոտ 23.5 աստիճան, թեքվածության պատճառով: Ամռանն Արեգակը երկնակամարի վրա գտնվում է ավելի բարձր կետում, քան ձմռանը: Նկ. 1-ում ցույց է տված Արեգակի դիրքի փոփոխությունը տարվա ընթացքում: Հասկանալի է, որ նկարում ցույց տված անկյունների տվյալ պահի ճշգրիտ արժեքները կախված կլինեն հյուսիսային կիսագնդում ձեր գտնված վայրի աշխարհագրական լայնությունից:

Figure 2. Cave dwellings of Mesa Verde located in the US



Նկար 2. Մեսա Վերդե (Mesa Verde) տեղանքի քարանձավները ԱՄՆ-ում

Cave dwellers around the world made similar site location decisions. In China, even today, more than 40 million farmers live in caves, mostly with southern-facing facades. The decision to live in caves has the advantage of sparing precious agricultural land. It also offers the advantage of being warm in the winter and cool in the summer. The decision to select south-facing caves is directly related to maximizing solar gains in winter and optimizing shade in the summer.¹

Figure 3 below illustrates the exposure of a modern house at 1pm in the winter, spring, summer, and autumn. In the summer, the eastern, and especially the western, facade will receive the most exposure to the sun.

Thus, with the long side of the building facing the south, the surface area with intense western exposure to the sun is reduced. This, in turn, reduces the need to use energy to cool the building. In the winter, the desired sun exposure and heat gain are maximized on the southern facade, reducing energy needs for heating.

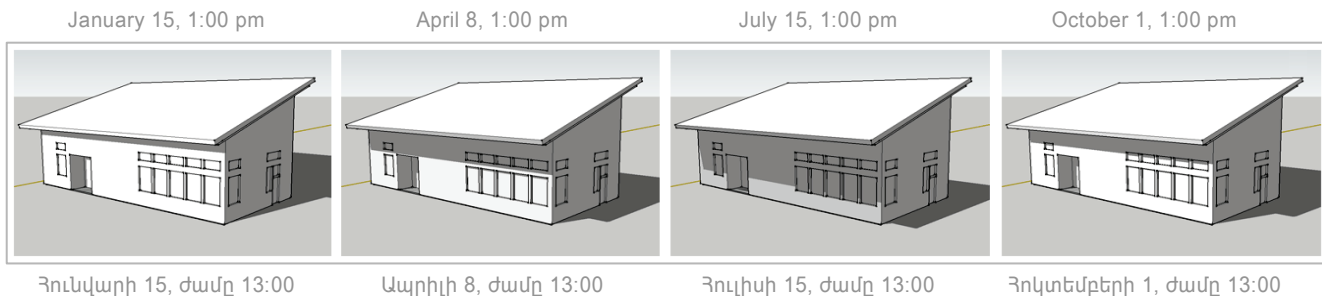
Քարանձավային բնակավայրերից առավել հայտնիներից մեկը Մեսա Վերդե (Mesa Verde) է, որը կառուցվել է Անասազի (Anasazi) ցեղերի կողմից՝ ներկայումս ԱՄՆ Կոլորադո նահանգում: Anasazi ցեղերը բնակվում էին այդ տարածքներում մեր թվարկության 600-ից մինչև 1300 թվականները: Տեղանքի առավելությունն այն է, որ ժայռային ցցվածքները ամառային բարձր Արևի ճառագայթներից ստվերում են քարանձավների մուտքերը (Նկ. 2):

Ամբողջ աշխարհում ետնախորշերի քարանձավների տեղաբաշխման վայրի ընտրությունը կատարվել է այդ նկատառումներից ելնելով: Անգամ այսօրվա Չինաստանում շուրջ 40 միլիոն գյուղացիական տնտեսություններ բնակվում են հիմնականում հարավային ճակատային կողմնորոշման քարանձավներում: Բնակեցման քարանձավային տարբերակն ունի այն առավելությունը, որ հնարավորություն է տալիս ազատել կարևոր գյուղատնտեսական նշանակության հողատարածքներ: Այն նաև նպաստում է ջերմության պահպանմանը՝ ձմռանը և սառնությանը՝ ամռանը: Քարանձավի ճակատային մասի դեպի հարավ կողմնորոշման ընտրությունը պայմանավորված է այդ հանգամանքով¹:

Նկ. 3-ում ցույց են տրված ժամանակակից տան լուսակայման (էքսպոզիցիա) պատկերները ձմռանային, գարնանային, ամառային և աշնանային օրվա ժամը 13.00-ի դրությամբ: Ամռանը արևելյան և, հատկապես, արևմտյան ճակատներն առավելագույն չափով են լուսավորվում Արևի կողմից: Այսպիսով, դեպի հարավ նայող երկար ճակատով շենքի՝ դեպի արևմուտք կողմնորոշված պատի մակերևույթի վրա Արևի ճառագայթումը նվազում է: Դա նպաստում է շենքի հովացման համար անհրաժեշտ էներգիայի քանակության նվազեցմանը: Ձմռանային շրջանում տան հարավային ճակատն ինտենսիվ լուսավորվում է Արեգակի կողմից և, հետևաբար, ջեռուցման համար պահանջվող էներգիայի քանակությունը նվազում է:

¹ Yongyan Wang, Zhongguo huangtu(Loess in China),(Xian, Shaanxi: People's Art Publishing House, 1980; "Cave Dwellings", accessed May 2013, <http://depts.washington.edu/chinaciv/3arcave.htm>

Figure 3. Seasonal change in the location of the sun and impact on shading of the south-facing facade in the northern hemisphere

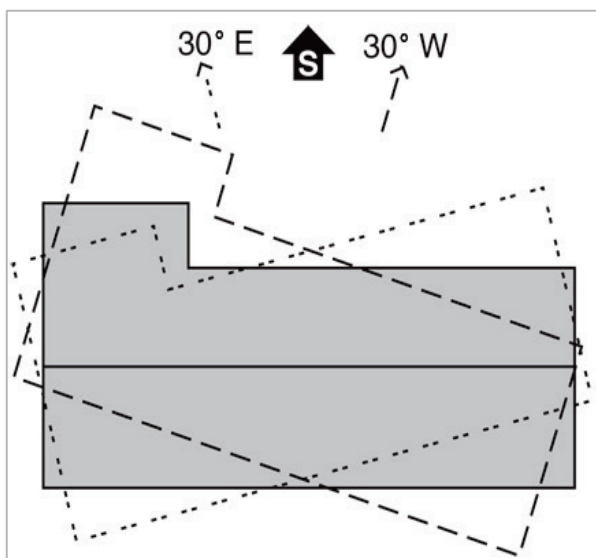


Նկար 3. Արեգակի դիրքի սեզոնային փոփոխությունը և ազդեցությունը տան հարավային ճակատի ստվերացման վրա հյուսիսային կիսագնդում

Computer simulations for prototype buildings across 25 climates in the US showed that when more extensively glazed exposure is oriented to the south, total heating and cooling loads are significantly lower than those in the same building oriented east or west.² The magnitude of savings may differ significantly depending on the size of the building, amount of glazing, thermal mass³ of the building envelope, the size of overhangs, availability of shading (such as trees), etc. Some analyses by local utility companies and municipalities in the US show that the southern orientation of buildings can generate savings of up to 20% for heating and up to 40% for cooling.⁴

Դեռևս 1980-ականների կեսերին ԱՄՆ 25 կլիմայական գոտիների համար համակարգչային մոդելավորման միջոցով կատարված հաշվարկների արդյունքում ցույց տրվեց, որ բավական ընդարձակ ապակեպատված և դեպի հարավ կողմնորոշված մակերևույթներով շենքերում ձմեռային ջեռուցման և ամառային հովացման վրա էներգիայի գումարային ծախսերը զգալիորեն ավելի ցածր են, քան այդ նույն շենքերի էներգիայի ծախսերը մակերևույթների դեպի արևելք կամ արևմուտք կողմնորոշման դեպքում²: էներգիայի տնտեսման չափը կարող է եապես տարբերվել կախված շենքի չափերից, ապակեպատման մակերեսից, շենքի պատող կոնստրուկցիաների ջերմային զանգվածից³ (բացարձակ ջերմունակությունից), շենքի կառուցվածքային ելուստներից, ստվերման, այդ թվում՝ ծառերի առկայությունից և այլն: ԱՄՆ մի շարք համայնքային և քաղաքային ձեռնարկությունների գնահատականները ցույց են տալիս, որ հարավային կողմնորոշման դեպքում կարելի է հասնել մինչև 20% էներգիայի տնտեսման ձմռանը ջեռուցման վրա և մինչև 40% ամառային հովացման վրա⁴:

Figure 4. Rotation in orientation that will still offer benefits of southerly orientation



Նկար 4. Հարավային կողմնորոշման առավելությունների սահմանները

Բազմաթիվ տեղանքներ կարող են սահմանափակումներ ունենալ դեպի հարավ կողմնորոշման հնարավորությունների առումով: Հողատարածքի երկար կողմը կարող է ձգվել հյուսիսից հարավ, այդպիսով իսկ հնարավորություն չտալով օգտագործել հարավային ճառագայթումը: Միաժամանակ, դա խոսում է այն մասին, որ շենքերի կողմնորոշման վերաբերյալ պետք է մտածել դեռևս հողահատկացումների փուլում, երբ ճարտարապետներն ավելի լայն և ճկուն որոշումների հնարավորություններ ունեն: Նրանք կարող են նվազեցնել ապակեպատման աստիճանը արևմտյան ճակատում և մեծացնել՝

² Brandt Andersson, Wayne Place, Ronald Kammerud, M.Peter Scofield, “The impact of building orientation on residential heating and cooling”, *Energy and Buildings* 8 (3), 1985, 205-224, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0378778885900052>
³ Thermal mass refers to how the mass of a building can flatten out temperature fluctuations inside the building as the outside temperature fluctuates.
⁴ “Solar Site Design Is No Shady Deal”, accessed April 1991, http://oikos.com/library/solar_site_design/index.html

Many sites may be limited in their southerly exposure. The longer side of the land parcel may be north to south, thereby not allowing full utilization of southern exposure. While this highlights the need for thinking about building orientation at the urban planning and parcelization stage, architects may still have some flexibility in design. They could reduce glazing on the western facade, and instead increase glazing on the narrower northern and southern facades. Additionally, variation with an angle of plus/ minus 30 degrees from a directly southern orientation will still give you benefits (Figure 4)⁵.

Shading

Shading is the intentional creation of shade on hot summer days by structures or plants. This simple and often inexpensive solution can have a significant impact on the energy load of a building. Studies have repeatedly shown that shading can significantly lower surface and above-surface temperature of an area. Studies from the US show that the temperature of a shaded area can be up to 25°C cooler than a non-shaded area.⁶ More recent studies from the UK place that number to up to 20°C.⁷

Trees on the eastern, southern, and western sides of a building will help to reduce energy costs. The selection of tree types, however, is important. Deciduous trees, trees that shed their leaves in the fall and regain them in the spring, are most appropriate. This is because in the winter months you do not want a barrier to sunlight (Figure 5). Trees closer to buildings would also need to be pruned so that the lower part of the trunk has few branches; the crown can provide shading for the roof.

Trees that are not “solar friendly” can still be used. Evergreens can be planted on the northern side of the building. They can also be used on the western side to block the intense summer heat of the setting sun.⁸

հյուսիսային և հարավային ուղղություններում: Բացի այդ, դեպի հարավ ուղղությունից պլյուս/մինուս 30° շեղումները կարող են տալ լրացուցիչ օգուտներ (սկ. 4)⁵:

Ստվերում

Ստվերումն Արևի ճառագայթումից հատուկ պատսպարված տարածքի ստեղծումն է կառուցվածքների կամ բուսականության օգտագործմամբ: Այդ պարզ և ոչ թանկարժեք միջոցառումը կարող է զգալի ազդեցություն ունենալ շենքի էներգապահանջարկի վրա: Բազմաթիվ հետազոտություններ ցույց են տվել, որ ստվերումը կարող է զգալիորեն իջեցնել ստվերված մակերևույթի և այդ գոտուց վեր գտնվող մակերևույթի ջերմաստիճանը: Ամերիկյան հետազոտությունների արդյունքում պարզվել է, որ ստվերված մակերևույթի ջերմաստիճանը կարող է 25°C-ով ավելի ցածր լինել չստվերված մակերևույթի ջերմաստիճանից⁶: Միացյալ Թագավորությունում ավելի ուշ կատարված ուսումնասիրություններն այդ ցուցանիշը սահմանում են մինչև 20°C⁷:

Շենքի արևելյան, հարավային և արևմտյան կողմերի ծառերը նպաստում են շենքի էներգապահանջարկի կրճատմանը: Ծառատեսակի ընտրությունն, այնուամենայնիվ, չափազանց կարևոր է: Սաղարթավոր ծառերը և այն ծառերը, որոնք աշնանը տերևաթափ են լինում, իսկ գարնանը վերականգնում են տերևածածկը, ամենահարմար ծառատեսակներն են: Դրա պատճառը պարզ է՝ ձմեռային ամիսներին դուք ավելի քիչ արգելքներ եք ցանկանում ունենալ արևային էներգիայի համար (սկ. 5): Շենքին մոտ աճող ծառերը նույնպես պետք է համապատասխանաբար մշակվեն այն հաշվով, որ բնի մասը հնարավորինս զուրկ լինի ճյուղերից, իսկ սաղարթը՝ հնարավորինս բարձր, որպեսզի ամառային արևային ճառագայթումից ստվերի շենքի տանիքը:

Կարող են օգտագործվել նաև Արեգակի էներգիայի օգտագործմանը չնպաստող ծառեր: Մշտադալար ծառերը կարող են տնկվել շենքի հյուսիսային պատի երկայնքով: Դրանք կարող են օգտագործվել նաև արևմտյան կողմից, որպեսզի ամառային տապին մեղմացնեն մայր

⁵ “Passive Solar Home Design”, accessed April 2012, <http://energy.gov/energysaver/articles/passive-solar-home-design>
⁶ “Trees and Vegetation”, accessed May 2013, <http://www.epa.gov/heatisland/mitigation/trees.htm>. It is noteworthy that one to two degrees Celsius of this reduction is attributable to evapotranspiration, the process of a tree or other plants releasing evaporation, thereby cooling its surroundings.
ԱՄՆ շրջակա միջավայրի պահպանման գործակալություն (<http://www.epa.gov/heatisland/mitigation/trees.htm>): Ուշագրավ է, որ այս մեկից երկու աստիճան Ցելսիուսի նվազումը վերագրվում է գոլորշացման-ներծծման գործընթացներին, երբ ծառերը կամ այլ բույսերը արտադրում են գոլորշի, այսպիսով սառեցնելով միջավայրը:
⁷ David Armson et al, “The effect of tree shade and grass on surface and globe temperatures in an urban area”, *Urban Forestry & Urban Greening* 11 (3), 2012, 245-255, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1618866712000611>
⁸ “Solar Site Design Is No Shady Deal”, accessed April 1991, http://oikos.com/library/solar_site_design/index.html

Figure 5. Shading and building orientation



Նկար 5. Ստվերումը և շենքի կողմնորոշումը

Building designers should consult with an arborist or landscape architect to make appropriate tree selection to gain maximum benefit for the building from the shading effect of trees.

Use of plants for shading is a common practice. In Yerevan and Tbilisi, cities with hot and very sunny summers, a common solution has been planting vines which filter a substantial percentage of direct sunlight. Grape vines are traditionally used, although other vines are also seen (Figure 6). The advantage of these vines is that they provide shade in the summer and allow light and warmth to pass through in the winter. For the pitfalls of the improper use of vines or use of damaging vine species refer to a landscape specialist or an authoritative information source.⁹

In addition to plants, physical, structural shading is also frequently used. Some of these physical shades, such as exterior wooden shutters, are traditionally used in many parts of the world. These will be discussed in the daylighting section below, especially in the “solar shading devices” section.

մտնող Արեգակի ջերմության ճառագայթման ազդեցությունը⁸:

Շենքերի նախագծողները պետք է խորհրդակցեն անտառագետների և լանդշաֆտային ճարտարապետների հետ համապատասխան ծառատեսակների ընտրության հարցում, քանի որ ճիշտ ընտրությունը կնպաստի ստվերումից առավելագույն օգուտի ստացմանը:

Բուսականության օգտագործումը ստվերված մակերևույթների ստացման համար բավական տարածված երևույթ է: Շատ տաք և արևային ամառներ ունեցող երևանում և Թբիլիսիում տարածված է խաղողի վազերով արտաքին պատերի պատումը, որոնք զգալիորեն «գտում» են Արևի ուղիղ ճառագայթումը: Խաղողի վազերն ավանդաբար են կիրառվում, երբեմն հանդիպում են նաև այլ բույսերի վազեր (նկ. 6):

Այդ վազերի առավելությունն այն է, որ դրանք ամռանը ստեղծում են ստվերված մակերևույթներ և ձմռանը բաց են թողնում լույսը և ջերմությունը: Խուսափելու համար վազերի սխալ ընտրության կամ վնասակար վազերի ընտրության թակարդն ընկնելուց, անհրաժեշտ է խորհրդակցել համապատասխան մասնագետների հետ կամ դիմել տեղեկատվության հեղինակավոր աղբյուրների⁹:

⁹ For a very informative discussion of building damage caused by various species of vines, see: http://www.fassadengruen.de/eng/uw/climbing_plants/uw/greening/greening/building-damages.htm

Figure 6. Use of vines for shading is common in the Caucasus, including in Yerevan. It is a good practice that can be used to enhance design and building occupant comfort. In the rendering of the bottom photo, the western facade of a US Federal Building in Portland, Oregon, has trellises with vines growing on them. For updates, see the site for the project architect SERA (serapdx.com).



Նկար 6. Վազերի օգտագործումը սովորման նպատակով տարածված է Կովկասում, ներառյալ Երևանում: Բնակիչների հարմարավետության ու շենքերի դիզայնի առումով դա լավ միջոցառում է: Ստորին նկարում ցույց է տրված ԱՄՆ Ֆեդերալ շենքի (Պորտլենդ, Օրեգոն նահանգ) արևմտյան ճակատը, որի վրա տեղադրված ճաղերով աճում են խաղողի վազերը: Մանրամասներին ծանոթանալու համար դիմել SERA ճարտարապետական նախագծի կայքին՝ SERA (serapdx.com)

As a final note, curtains and internal shades are also frequently used solutions from an energy efficiency perspective. If we want to keep interiors cool, it is best to prevent the heat from entering the building in the first place. It helps if the exterior-facing side of the curtain is white or a color with a high albedo (see “cool roof” section below for more in-depth discussion of albedo). When trying to keep a building warm, curtains can also be very helpful.

Բացի բույսերից, գոյություն ունեն ֆիզիկական, կառուցվածքային սովորում, որը նույնպես հաճախ է օգտագործվում: Այդ ֆիզիկական սովորման որոշ տարբերակներ, ինչպես, օրինակ, փայտյա արտաքին փեղկեր, ավանդաբար օգտագործվում են աշխարհի տարբեր ծայրերում: Դրանք կուսումնասիրվեն հետագայում՝ ցերեկային լուսավորությանը և արևային սովորմանը վերաբերող բաժիններում:

Որպես վերջնական դիտարկում՝ անհրաժեշտ է նշել, որ ներքին շերտափեղկերը և վարագույրները նույնպես հաճախ կիրառվող և

Daylighting

Lighting is a major expense, especially for commercial buildings. Using natural lighting during daytime is sensible. Natural lighting also tends to improve psychological well-being, increase worker satisfaction levels, and reduce visual stress.

To use natural light effectively, however, buildings have to be designed properly. To have a room or a building where the sun directly shines into a room, creating not only excessive heat but also glare that prevents adequate visual performance can only make matters worse for the occupants. On the other hand, having shades and shutting them and turning the lights on during daytime is a result of bad design.

Designing buildings that take maximum advantage of natural light to produce both diffused and sufficiently bright light is the practice of daylighting. Through daylighting strategies, architects bring natural light as deeply as possible into a building while controlling glare and direct sun. A masterful example of that was Yerevan's Enclosed Market (Figure 7).

Figure 7. Yerevan's Enclosed Market, built in the 1950s and designed by architect Grigor Aghababyan, was a masterpiece of daylighting



Նկար 7. Երևանի ծածկած շուկան, կառուցված 1950-ական թվականներին, ճարտարապետ՝ Գրիգոր Աղաբաբյան: Համարվում է ցերեկային լուսավորման գլուխգործոց

Another masterpiece of daylighting, although at a larger, iconic scale, is the glass dome at the Reichstag in Berlin, designed by Norman Foster (Figure 8).

Էներգաարդյունավետ լուծումներ են, սակայն, այնուամենայնիվ, պետք է նշել, որ եթե ցանկանում ենք պահպանել ներքին շերմային հարմարավետությունը, ապա առաջնային խնդիրը շերմության՝ դեպի կացարան ներթափանցման արգելակումն է: Օգտակար կլինի նաև, եթե շերտափեղկի կամ վարագույրի արտաքին կողմի մակերևույթը լինի սպիտակ գույնի, կամ որևէ մեկ այլ՝ բարձր ալբեդո ունեցող գույնի (տե՛ս ստորև բերվող «Յո՛վ տանիքներ» բաժինը՝ ալբեդոյի հասկացության ավելի խոր ընկալման համար): Եթե դուք փորձում եք կացարանում պահպանել շերմությունը, ապա շերտափեղկերը կամ վարագույրները կարող են շատ օգտակար լինել:

Ցերեկային լուսավորություն

Լուսավորությունը Էներգասպառման կարևոր ծախսային հոդված է, հատկապես՝ առևտրային շենքերի համար: Բնական լուսավորության օգտագործումը ցերեկային ժամերին միանգամայն տրամաբանական է: Բնական լուսավորությունը նաև բարելավում է հոգեբանական բարեկեցությունը, բարձրացնում աշխատողների բավարարվածության մակարդակը, ինչպես նաև նվազեցնում է տեսողական սթրեսը:

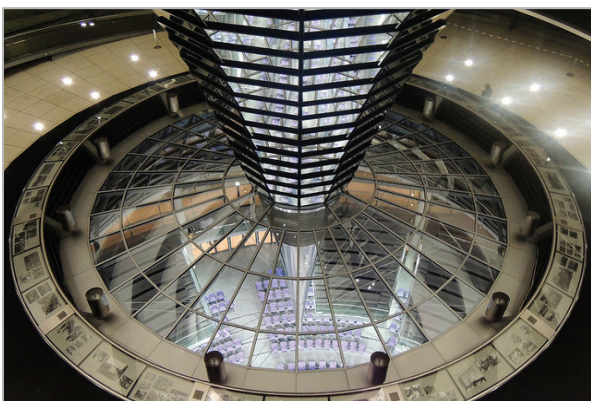
Բնական լուսավորության արդյունավետ օգտագործման համար, այնուամենայնիվ, շենքերը պետք է համապատասխան ձևով նախագծվեն: Եթե մի սենյակում կամ շենքում Արևն անմիջապես փայլում է տարածքի ներսում և ստեղծում է ոչ միայն ավելցուկային շերմություն, այլ նաև պայծառ լույս, որը խանգարում է աղեկվատ տեսողական ընկալմանը, ապա այդպիսի լուսավորությունը միայն խնդիրներ է առաջացնում սենյակում կամ շենքում գտնվողների համար: Մյուս կողմից՝ բնական լույսի մուտքի արգելակումը և արհեստական լուսավորության կիրառումն արդեն վատ նախագծման արդյունք է:

Բնական լուսավորության պրակտիկայում կիրառում են շենքերի նախագծման այնպիսի սկզբունքներ, որոնց դեպքում բնական լույսից ստացվում է առավելագույն արդյունքը ցրված լուսավորության տեսքով: Ցերեկային լուսավորության այդ ռազմավարության հիման վրա ճարտարապետները բնական լույսը հասցնում են շենքի հնարավորինս ավելի խորին տարածքներին՝ հսկելով Արևի ուղղակի ճառագայթման փայլքերի (ցուլքերի) առաջացումը: Այդ ռազմավարության կիրառման լավագույն օրինակներից մեկը Երևանի ծածկած շուկան է (Նկ. 7):

Բնական լուսավորության մեկ այլ գլուխգործոց է, թեկուզ և առավել մեծամասշտաբ ու խորհրդանշական, Ռայխստագի ապակյա գմբեթը (Նկ. 8, ճարտարապետ՝ Նորման Ֆոստեր):

The poetry of the design allows natural light from the outside world to shine on parliamentary debates and allows ordinary citizens to walk above their representatives down below. The dome cuts down on the use of electricity for lighting, as natural daylight shines through the mirrored cone down into the parliament chamber. The sunlight can be so intense that a screen tracks the sun to soften the glare.

Figure 8. Interior view of the glass dome of the Reichstag in Berlin, Germany, by architect Norman Foster, another iconic masterpiece of daylighting. The dome also allows for natural ventilation from the top of the dome, similar to the Pantheon in Rome



Նկար 8. Ռայխստագի շենքի ապակյա գմբեթի ներքին տեսքը (Բեռլին, Գերմանիա), ճարտարապետ՝ Նորման Ֆոստեր, մեկ այլ գլուխգործոց ցերեկային լուսավորության: Գմբեթի վերին մասը նպաստում է բնական օդափոխմանը՝ Զոմբի պանթեոնի նման:

Բացի ստեղծագործության պոետիկականությունից, երբ արտաքին աշխարհի բնական լույսը փայլում է խորհրդարանական բանավեճերի վրա և երբ հասարակ քաղաքացիները վեր ու վար անելով կարող են հետևել իրենց ընտրյալներին, հնարավորություն կա կրճատել էլեկտրաէներգիայի ծախսը լուսավորության վրա, քանի որ ցերեկային լույսն անդրադառնալով կոնական հայելիների վրա՝ թափանցում է խորհրդարանական դահլիճի ստորին մասերը:

Արեգակի լույսը կարող է այնքան ուժեղ լինել, որ լուսային փայլքերի մեղմման համար Արևին հետևող էկրանի գործարկման անհրաժեշտություն առաջանա:

Բացի այդ երկու նշանակալից օրինակներից, բնական լուսավորությունը կարող է օգտագործվել նաև սովորական առևտրային կամ բնակելի շենքերում: Գոյություն ունեն տվյալ շենքի ցերեկային բնական լուսավորության օպտիմալ լուծումների և մոտեցումների զանազան տարբերակներ¹⁰: Դուք կարող եք նկատել, որ դրանց մի մասը կապված է այլ «պասիվ» լուծումների հետ, որոնք նույնպես ներկայացված են այս մոդուլում:

- Օպտիմալացված ցերեկային լույսով շենքի մակերևույթ՝ հարավային և հյուսիսային կողմերից առավելագույն լուսավորություն, խուսափելով արևելյան և արևմտյան կողմերից ուղղակի լուսավորությունից: Մենյակի առավելագույն խորությունը կարող է լինել 18-20 մ, որը կապահովի արդյունավետ լուսավորություն հյուսիսային և հարավային կողմերից,
- Պատուհան/պատ մակերեսների հարաբերության հարմարեցում կլիմայական պայմաններին՝ հավասարակշռել ապակեպատ ծածկույթից թափանցած լույսը պատի ջերմամեկուսիչ հատկությունների հետ: Նույնիսկ ամենակատարյալ պատուհանների արդյունավետությունը երբեք չի կարող հասնել պատի ջերմային արդյունավետությանը: Լույսի և ջերմամեկուսացման միջև պետք է հաստատվի որոշակի հավասարակշռություն,
- Բարձր կատարելիության ապակեպատում՝ դրանք ապակիներ են, որոնցով թափանցում է ավելի շատ լույս, քան ջերմություն: Այդպիսի դեր կարող են կատարել երկշերտ կամ եռաշերտ ապակյա ծածկույթով և հերմետիկ կառուցվածքով պատուհանները,
- Ցերեկային լույսի առանձին օպտիմալացված նախագծում՝ ապակեպատ պատուհանով թափանցած լույսի տեսանելիության պարզության և թափանցած լույսի՝ պատուհանի

In addition to the two iconic buildings noted above, daylighting can also be applied to ordinary commercial and residential buildings. There are various approaches and solutions that can be employed to achieve optimal daylighting for a given building.¹⁰ Some are linked to other “passive” solutions discussed in this module:

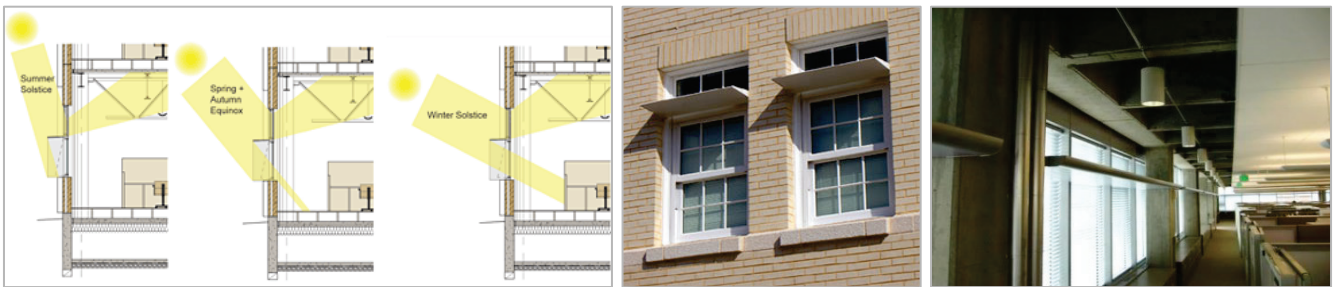
- Daylight-optimized building footprint - maximizing southern and northern exposure and avoiding direct eastern and western sun. A room depth of 18-20 meters seems to be the maximum for effective daylighting from northern and southern light.
- Climate-responsive window-to-wall area ratio - balancing the light brought in by glazing with the insulation properties of walls. Even the most high-performance windows cannot achieve the thermal performance of walls. The trade-offs between light and insulation should be balanced.
- High-performance glazing - these would be windows that would allow in more light than heat. Double or triple glazed windows with adequate sealing and construction can perform this role.
- Daylighting-optimized fenestration design - balancing between clarity of vision provided by window glazing and diffusion of light by the window. Not every part of a window needs to offer a full view to building occupants. In reducing viewing clarity, glare may be reduced.
- Skylights and tubular daylight devices - skylights allow ample light to enter a room. The location will have different impacts depending on direct or diffused light. In the summer months it may be a source of glare if installed facing east, west, or south and has no shading. It is also a source of heat gain or loss. Therefore, its use has to be considered in a building’s energy and light balance.
- Daylight redirection devices (such as light shelves) - light shelves are used to block direct sunlight entering a room, while at the same time deflecting it to the ceiling of a room which then, in turn, spreads it throughout the room (Figure 9).

կողմից ցրման միջև հավասարակշռում: Պատուհանի ոչ բոլոր մասերը պետք է շենքում գտնվողներին տան լրիվ տեսարանը: Նվազեցնելով տեսարանի պարզությունը՝ լույսի պայծառությունը կարելի է կրճատել,

- Լուսային հորեր և ցերեկային լույսի խողովակավոր հարմարանքներ՝ ձեղնահարկային պատուհանները սենյակ մուտք գործելու համար բավարար լուսաթափանց են: Այդ պատուհանների դիրքը կախված է լույսի բնույթից՝ ուղիղ թե՛ ցրված: Ամառային ամիսներին դրանք կարող են հանդիսանալ վառ լույսի աղբյուր, եթե կողմնորոշված են դեպի արևելք, արևմուտք կամ հարավ և ստվերված (էկրանավորված) չեն: Այդ պատուհանները նաև ջերմության ներհոսքի կամ կորստի աղբյուր են: Այդ առումով դրանց օգտագործման ժամանակ պետք է հաշվի առնել թե՛ լուսային, թե՛ ջերմային հաշվեկշիռները,
- Ցերեկային լույսի ուղղվածության փոփոխման հարմարանքներ (ինչպես, օրինակ՝ լուսային «դարակները»)՝ թեթև լուսային «դարակներն» օգտագործում են, որպեսզի արգելափակեն սենյակ թափանցող լույսի ուղիղ ճառագայթները, որոնք ուղղվում են դեպի առաստաղ և այնուհետև ցրված ճառագայթները տարածվում են ամբողջ սենյակով մեկ (սկ. 9):

¹⁰ Greg Ander, *Daylighting*, Washington, D.C: FAIA, Whole Building Design Guide, <http://www.wbdg.org/resources/daylighting.php>

Figure 9. Use of light shelves allows for shading against direct light and the reflection of indirect light deeper into the interior space



Summer-Winter Solstice / ամառային-ձմեռային արևադարձ, Spring-Autumn Equinox / գարնանային-աշնանային գիշերահավասար

Նկար 9. Լուսային դարակները ստվերում են ուղիղ լույսը և նպաստում ցրված լույսի թափանցմանը դեպի ներքին տարածքի խորքը

- Solar shading devices - there is a wide variety of solutions for solar shading. Devices may include louvers, screens, shelves, or plants. One architectural firm that has used such shading devices to an iconic effect is Morphosis (Figure 10). There are many more common shading structures that can be integrated into building design (Figure 11).
- Արևային պաշտպանիչ սարքեր՝ գոյություն ունեն Արևի ճառագայթումից պաշտպանող սարքերի բազմաթիվ տեսակներ: Դրանք կարող են լինել շերտափեղկեր, էկրաններ, դարակներ կամ բույսեր: Ճարտարապետական ամենահայտնի ընկերությունը, որն օգտագործել է այդ պաշտպանիչ (ստվերող) սարքերը և հասել է նշանակալի հաջողությունների, Morphosis-ն է (նկ. 10): Կան նաև բազմաթիվ այլ լուծումներ, որոնք կարող են ներգրավվել շենքերի օպտիմալ նախագծման գործընթացում (նկ. 11):

Figure 10. The iconic double skin of the architectural firm Morphosis. Pictured is the Cooper Union building in New York.



Նկար 10. Cooper Union շենքի արտաքին երկշերտ «մաշկը» (Նյու Յորք): Morphosis ճարտարապետական ընկերություն

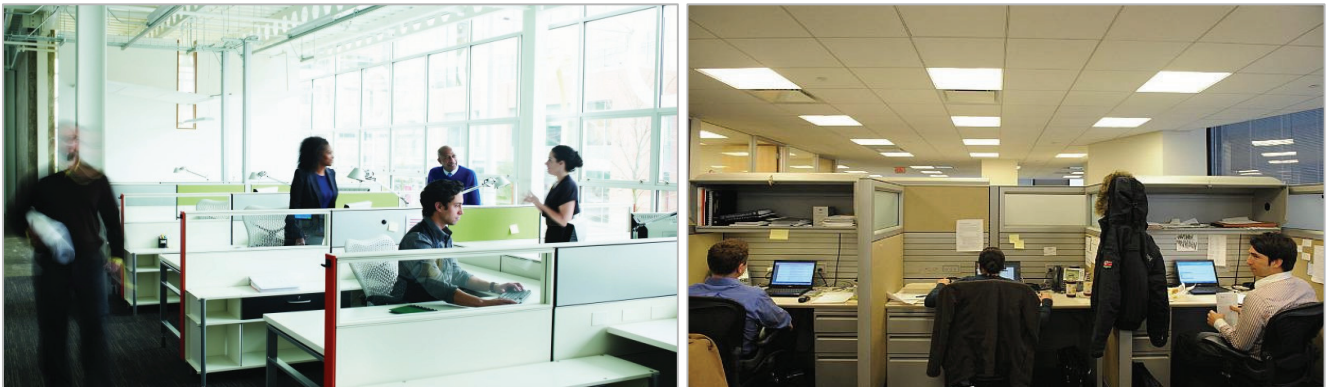
Figure 11. Commonly used structural and architectural elements to provide shade. The bottom photo shows the American University of Armenia's new building with structural shading used for the southerly glass walls



Նկար 11. Ստվերման կառուցվածքային և ճարտարապետական տարրերի օգտագործումը: Ներքևում գտնվող նկարում պատկերված է Հայաստանի ամերիկյան համալսարանի նոր շենքը, որի դեպի հարավ կողմնորոշված ապակեպատ լուսամուտներին կիրառված է կառուցվածքային ստվերում:

- Daylight-optimized interior design - often overlooked parts of daylighting - include furniture design, spatial planning, and room surface finishes and colors. All of these have an impact on the distribution of light within a space (Figure 12).
- Օպտիմալացված ցերեկային լույսի ինտերիերային նախագծում՝ բնական լուսավորության նախագծման մի որոշակի մաս հաճախ արհամարհվում է: Դրանք կահույքի, տարածության և մակերեսի պլանավորմանը, այդ թվում՝ ծաղիկների ու գույների ընտրության, հարցերն են: Դրանք բոլորը որոշակի ազդեցություն են թողնում սենյակի ողջ տարածքում լույսի բաշխման վրա (նկ. 12):

Figure 12. A number of factors have an impact on the movement of light inside a building



Նկար 12. Ծեղքի ներսում լույսի տարածման վրա բազմաթիվ գործոններ են ազդում

While some architects may have a deep sense of light and how it enters and moves in space, employing many of the solutions above complicates analysis considerably. To fully understand the impact of all decisions, designers often have to rely on simulation software.¹¹ To move away from theory and begin designing with daylighting effectively, the student would be well advised to take design studio courses and undertake individual studies on the subject.¹²

Cool Roofs¹³

Roofs can be a great source of heat loss from the interior of buildings, especially during cold seasons when you need to maintain heat levels inside a building. That is why the insulation requirements of roofs are generally higher than those of walls (is discussed in greater detail in Module 5).

Roofs can do the opposite in hot seasons. When there is abundant sunlight, roofs can become a source of heat gain in buildings.

Շատ ճարտարապետներ կարող են բավական խոր գիտելիքներ ունենալ բնական լույսի դեպի շենքի ներս թափանցման և տարածման վերաբերյալ, սակայն վերը թվարկված զանազան միջոցների կիրառումը չափազանց դժվարեցնում է վերլուծության հնարավորությունները: Ընդունված լուծումների ազդեցությունը ամբողջությամբ ընկալելու համար նախագծողները հաճախ դիմում են համակարգչային ծրագրերի¹¹ և մոդելավորման օգնությանը: Չուտ տեսական դրույթներից հեռանալու և բնական լուսավորության լավագույն լուծումների կիրառման գործնական գիտելիքներ ստանալու նպատակով ուսանողներին խորհուրդ է տրվում մասնակցել ճարտարապետական արվեստանոցներում կազմակերպվող դասընթացներին՝ անձամբ մասնակցություն ցուցաբերելով կոնկրետ նախագծերի մշակման աշխատանքներին¹²:

Հով տանիքներ¹³

Տանիքները կարող են զգալի ջերմային կորուստների աղբյուր հանդիսանալ, հատկապես տարվա ցուրտ ժամանակահատվածում, երբ,

¹¹ Christoph Reinhart and Jan Wienold, “The daylighting dashboard - A simulation-based design analysis for daylit spaces”, *Building and Environment* 46 (2), 2011, pp.386-396, <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360132310002441>

¹² “Daylighting”, accessed May 2013, <http://ocw.mit.edu/courses/architecture/4-430-daylighting-spring-2012/index.htm>

¹³ This section relies substantially on U.S. Department of Energy, *Guidelines for Selecting Cool Roofs*, Washington, D.C., 2010, <http://apps1.eere.energy.gov/buildings/publications/pdfs/corporate/coolroofguide.pdf>. At times the text is directly copied.

Այս բաժնի նյութը մեծապես հիմնվում է հետևյալ հրապարակման վրա. U.S. Department of Energy, “Guidelines for Selecting Cool Roofs” (July 2010): Որոշ հատվածներ մեջբերված են ամբողջությամբ:

On hot summer days, the surface temperature of a black asphalt roof (commonly used in many parts of the world) can reach up to 70°C. The high temperatures on roofs can reduce the comfort of spaces inside buildings that are not air-conditioned. They can significantly increase energy costs for air conditioning. They may also reduce the service life of roofing material.

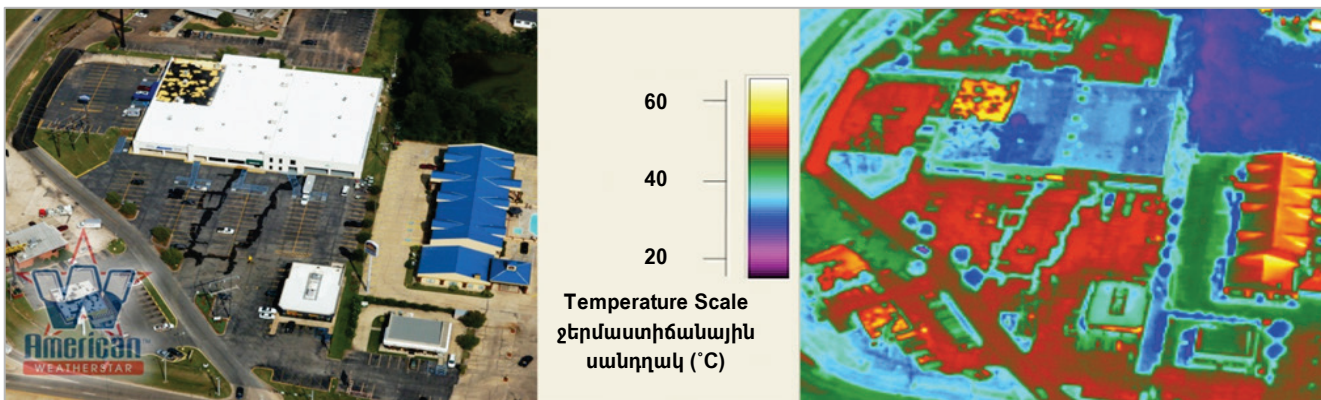
One inexpensive solution is to install cool roofs. Similar to how light-colored clothing keeps a person cool on a sunny day, cool roofs use solar-reflective surfaces to maintain lower roof temperatures. Traditional dark roofs can reach temperatures of 70°C or more in the summer sun. A cool roof, under the same conditions, could keep to a temperature of 28°C or so (Figure 13).

ընդհակառակը, կացարանի ներսում ջերմությունը պահպանելու անհրաժեշտություն կա: Ահա թե ինչու տանիքի մեկուսացումը ավելի կարևոր դեր է խաղում, քան պատերինը (մանրամասն՝ տե՛ս Մոդուլ 5):

Տարվա տաք շրջանում տանիքները կարող են կատարել ճիշտ հակառակը: Առատ արևահարության ժամանակ տանիքները կարող են դեպի տարածք ջերմության ներհոսքի աղբյուր դառնալ: Ամառային շոգ օրերին ասֆալտապատ/բիտումապատ (օգտագործվում է աշխարհի շատ երկրներում) տանիքի մակերևույթի ջերմաստիճանը կարող է հասնել մինչև 70°C-ի: Տանիքի բարձր ջերմաստիճանը կարող է նվազեցնել տարածքի ներսի հարմարավետության մակարդակը, եթե այն կահավորված է օդորակման սարքերով: Բարձր ջերմաստիճանը կարող է նաև նշանակալիորեն բարձրացնել օդորակման վրա էներգիայի ծախսը և կրճատել տանիքի ծածկի կյուրթի ծառայության ժամկետը: Համեմատաբար ոչ թանկ լուծումներից մեկը կարող է լինել հով տանիքի տարբերակը: Ինչպես որ բաց գույնի հագուստը պահպանում է մարդու թարմությունը արևոտ օրվա

ընթացքում, այնպես էլ հով տանիքն օգտագործում է արևային ճառագայթներն անդրադարձնող մակերևույթներ՝ տանիքի ջերմաստիճանը ցածր պահելու համար: Ավանդական մուգ գույնի տանիքներն ամառային ճառագայթման տակ կարող են տաքանալ մինչև 70°C և ավելի բարձր, հով տանիքները նույն պայմաններում տաքանում են մինչև շուրջ 28°C (սկ. 13):

Figure 13. Thermographic view of roof being transformed into a cool roof. Note that the top left corner that is not yet fully converted is substantially hotter (left: roof coating in progress, right: infrared view)



Նկար 13. Տանիքի ջերմագրաֆիկ պատկերը, որը վերածնակափոխվել է հով տանիքի: Ուշադրություն վերևի ձախ անկյունին՝ տանիքի այդ հատվածը դեռևս ամբողջությամբ չի վերափոխվել և զգալիորեն ավելի տաք է (ձախում՝ տանիքի ծածկման ընթացքը, աջում՝ տանիքի ինֆրակարմիր պատկերը):

Solar reflectance and *thermal emittance* are the two key material surface properties that determine a roof's temperature. They each range on a scale from 0 to 1. The larger these two values, the cooler the roof will remain in the sun.

Solar reflectance, also often referred to as the “albedo”, is the fraction of sunlight that a surface reflects. Sunlight that is not reflected

Տանիքի ծածկի կյուրթի երկու կարևորագույն ֆիզիկական բնութագրերից են Արևի ճառագայթների անդրադարձման և սեփական ջերմային ճառագայթման հատկությունները, որոնք և որոշում են շենքի տանիքի ջերմաստիճանը: Այդ ֆիզիկական հատկությունները գնահատվում են պայմանական սանդղակով՝ 0-ից մինչև 1 ցուցանիշներով: Որքան ավելի բարձր են այս երկու բնութագրերի արժեքները, այնքան ավելի հով կլմա արևահարվող տանիքը:

is absorbed as heat. Solar reflectance is measured on a scale of 0 to 1. For example, a surface that reflects 55% of sunlight has a solar reflectance of 0.55. Most dark roof materials reflect 5-20% of incoming sunlight, while light-colored roof materials typically reflect 55-90%. Solar reflectance has the biggest effect on keeping your roof cool in the sun. For typical reflectance values for different surface materials, see Figure 14. The solar reflectance of roofing products are not typically based on initial values, but rather on 3-year aged values. This is because the reflectance of a surface changes over time, with most rapid change happening in the first 3 years of its use.

Figure 14. Solar reflectance values of various surface materials



բարձր անդրադարձունակ 0.60-0.70
 ալյուսավոր 0.10-0.15 սպիտակ ներկ 0.50-0.90
 գունավոր ներկ 0.15-0.35 ձյութ և կոպիճ 0.03-0.18
 կարմիր/շականակագույն կղմինդր 0.10-0.35

Նկար 14. Մակերեսները պատող տարբեր նյութերի արևային անդրադարձման մեծությունները

Thermal (infrared) emittance describes how efficiently a surface cools itself by emitting thermal radiation. Thermal emittance is measured on a scale of 0 to 1, where a value of 1 indicates a perfectly efficient emitter. Nearly all non-metallic surfaces have high thermal emittance, usually between 0.80 and 0.95 that helps them cool down. Bare, shiny metal surfaces, like aluminum foil, have low thermal emittance, which helps them stay warm. A bare metal surface that reflects as much sunlight as a white surface will stay warmer in the sun because it emits less thermal radiation.

The solar reflectance index (SRI) is another metric for comparing the “coolness” of roof

Արևի ճառագայթների անդրադարձման հատկությունը, որը հաճախ անվանվում է ալբեդո, իրենից ներկայացնում է ընկած ճառագայթման անդրադարձված մասը: Արևի ճառագայթման չանդրադարձված մասը կլանվում է տանիքի կողմից ջերմության ձևով: Ինչպես արդեն նշվեց, անդրադարձումը գնահատվում է 0-ից մինչև 1 պայմանական սանդղակով: Օրինակ՝ եթե ինչ-որ մի մակերևույթ անդրադարձնում է ընկած ճառագայթման 55%-ը, ապա այդ մակերևույթի անդրադարձումը հավասար է 0.55: Մուգ գույնի տանիքային ծածկույթներն անդրադարձնում են Արևի ճառագայթման ընդամենը 5-ից 20%-ը, այն դեպքում, երբ բաց գույնի ծածկույթներն անդրադարձնում են 55-ից մինչև 90%: Արեգակի ճառագայթման անդրադարձումն ունի ամենակարևոր նշանակությունը շենքի արևահարվող տանիքը հով պահպանելու հարցում: Տարբեր տարածված նյութերի անդրադարձման հատկությունների մասին կարելի է գաղափար կազմել նկ. 14-ում բերված տեղեկատվությունից: Տանիքի ծածկույթի համար օգտագործվող նյութերի անդրադարձման հատկությունները ժամանակի ընթացքում փոխվում են: Ընդ որում՝ ամենից արագ այդ փոփոխությունը տեղի է ունենում շահագործման առաջին երեք տարիների ընթացքում: Այդ կապակցությամբ սովորաբար ծածկույթի նյութերի անդրադարձման հատկությունները տրվում են ոչ թե սկզբնական վիճակի, այլ եռամյա շահագործումից հետո ձևավորվող վիճակի համար:

Ջերմային (ինֆրակարմիր) ճառագայթումը նկարագրում է, թե ինչպիսի ինտենսիվությամբ է հովանում մակերևույթը սեփական ջերմային ճառագայթման արդյունքում: Ջերմային ճառագայթումը նույնպես գնահատվում է 0-ից մինչև 1 պայմանական սանդղակով, որում 1 ինդեքսը նշում է կատարյալ արդյունավետությամբ ճառագայթիչը: Գրեթե բոլոր ոչ մետաղական մակերևույթները, ունեն ջերմային ճառագայթման բարձր հատկություն՝ սովորաբար 0.80-0.95 կարգի, որը նպաստում է դրանց հովացմանը: Փայլուն մետաղական մերկ (ոչ մի այլ նյութով չպատված) մակերևույթները, ինչպես, օրինակ՝ ալյումինե փայլաթիթեղը, ունեն ցածր ջերմային ճառագայթում, որի շնորհիվ մնում են տաք: Մերկ մետաղական արևահարվող մակերևույթը, որն անդրադարձնում է արևային ճառագայթումն ինչպես սպիտակ մակերևույթը, մնում է տաք, քանի որ սեփական ջերմային ճառագայթումը ցածր է:

Արևային ճառագայթման անդրադարձման ինդեքսը (ԱԼԻ) մյուս ցուցանիշն է տանիքի «թարմությունը» (հովացման աստիճանը) գնահատելու համար: Այն հաշվարկվում է հիմք ընդունելով

surfaces. It is calculated from solar reflectance and thermal emittance values. The higher the SRI, the cooler the roof will be in the sun. For example, a clean black roof could have an SRI of 0, while a clean white roof could have an SRI of 100. Dark roofs usually have an SRI less than 20.

A roof can qualify as cool in one of two ways. The first way is by meeting or exceeding both the minimum solar reflectance and thermal emittance values. The alternative way is to meet or exceed the minimum SRI requirement. This allows some roofs that have low thermal emittance and high solar reflectance (or vice versa) to still qualify as a cool roof. The threshold levels (i.e. the minimums and the maximums) are set by law or standards adopted by a regulatory agency. Figure 15 below shows the standards adopted by the California Energy Commission.



մարմնի նորմատիվ փաստաթղթերով: Ստորև բերվող նկ. 15-ում ներկայացված են Կալիֆորնիայի էներգետիկ հանձնաժողովի կողմից սահմանված նորմերը:

Figure 15. Minimum cool roof requirements set by the California Energy Commission (2008)

Roof Type ● տակիքի տեսակ	Solar Reflectance [3-year aged] ● արևային անդրադարձու- նակություն [3 տարվա հնության]	AND ● և	Thermal Emittance [new or aged] ● ջերմային ճառագայթու- նակություն [նոր կամ հնացող]	OR ● կամ	Solar Reflectance Index (SRI) [3-year aged] ● արևային անդրադարձու- նակության գործակից [3 տարվա հնության]
Low sloped Փոքր թեքություն	0.55		0.75		64
Steep sloped Մեծ թեքություն	0.20		0.75		16

Նկար 15. Հով տանիքներին ներկայացվող նվազագույն պահանջներն ըստ Կալիֆորնիայի էներգետիկայի հանձնաժողովի (2008թ.)

To help consumers compare the cool aspects of roof materials and coatings, the Cool Roof Rating Council (CRRC) manages a system for independently evaluating and documenting their properties. Roof products that are tested by CRRC methods receive a performance label (Figure 16) showing the measured solar reflectance and thermal emittance values.¹⁴

արևային ճառագայթման անդրադարձման և սեփական ինֆրակարմիր ճառագայթման մեծությունները: Որքան բարձր է ԱՎԻ-ի արժեքը, այնքան արևահարվող տանիքը լավ կհովանա: Օրինակ՝ բացարձակ սև տանիքի ԱՎԻ-ին հավասար է 0-ի, այն դեպքում, երբ բացարձակ սպիտակ տանիքի ԱՎԻ=100: Մուգ տանիքների արևային անդրադարձման ինդեքսը 20-ից ցածր է:


Տանիքը կարող է համարվել հով՝ հիմք ընդունելով երկու սկզբունք: Առաջինի դեպքում անհրաժեշտ է, որ արևային ճառագայթման անդրադարձումն ու տանիքի սեփական ճառագայթման հատկությունը հասնեն և գերազանցեն որոշակի նվազագույն արժեքները: Մյուս՝ այլընտրանքային սկզբունքի դեպքում, պահանջվում է, որ ԱՎԻ հասնի կամ գերազանցի ինդեքսի որոշակի նվազագույն արժեքը: Այս երկորոր մեթոդը հնարավորություն է տալիս որոշ տանիքների, որոնք ունեն ցածր սեփական ջերմային ճառագայթում, բայց բարձր անդրադարձման հատկություն (կամ հակառակը), այնուամենայնիվ, որակավորվել որպես հով: Նվազագույն կամ առավելագույն շեմային արժեքները սահմանվում են օրենքով կամ կարգավորող

սահմանվում են օրենքով կամ կարգավորող

Տանիքային նյութերի և ծածկույթների ջերմային հատկությունների համեմատման հարցում սպառողներին օգնելու նպատակով «հով» տանիքների որակավորման խորհուրդը (CRRC) կառավարում է տանիքների հատկությունների անկախ գնահատումն ու փաստաթղթավորումը: CRRC-ի մեթոդներով փորձարկված տանիքային նյութերը ստանում են արդյունավետության պիտակ (նկ. 16), որում նշվում են արևային ճառագայթման անդրադարձման և տանիքային նյութի սեփական ճառագայթման հատկության չափագրված արժեքները¹⁴:

¹⁴ NOTE: Any roofing product that is tested by a CRRC accredited laboratory can be listed in the CRRC directory. Being listed does not imply that a product is cool.
ՆՇՈՒՄ. «Հով» տանիքների որակավորման խորհուրդի կողմից հավատարմագրված լաբորատորիայի կողմից փորձարկված ցանկացած արտադրանք կարող է ընդգրկվել խորհրդի ցուցակներում: Ընդգրկված լինելը չի ենթադրում արտադրանքի «հով» լինելը:

Figure 16. Sample of product labeling by CRRC. Products are rated both for their properties initially and after they are weathered

		Initial	Weathered
	Solar Reflectance	0.87	0.77
	Thermal Emittance	0.87	0.86
	Rated Product ID Number	0614-0036	
	Licensed Seller ID Number	0614	
Classification	Production Line		
<small>Cool Roof Rating Council ratings are determined for a fixed set of conditions, and may not be appropriate for determining seasonal energy performance. The actual effect of solar reflectance and thermal emittance on building performance may vary.</small>			

Նկար 16. Հով տանիքների որակավորման խորհրդի կողմից սահմանված արտադրանքի պիտակավորման օրինակ: Արտադրանքը որակավորված է սկզբնական և հողմահարված վիճակների դրությամբ:

Figure 17. Cool roofs do not all have to be white. While white has the highest reflectance, other hues are also available

R=0.41	R=0.44	R=0.44	R=0.48	R=0.46	R=0.41
black	blue	gray	terracotta	green	chocolate
R=0.04	R=0.18	R=0.21	R=0.33	R=0.17	R=0.12

Նկար 17. Ոչ բոլոր հով տանիքներն են սպիտակ: Սպիտակ տանիքներն ունեն ամենաբարձր անդրադարձումը, սակայն այլ գույների դեպքում նույնպես կարելի է հասնել բարձր անդրադարձման

As roof material surface properties can change over time due to soiling and weathering, values are measured and reported for both initial and three-year weathered conditions. The label in Figure 16 shows this product’s solar reflectance has dropped from 0.87 to 0.77 after three years. Most weathering or soiling occurs during the first year or two, and then values tend to stabilize.

Not all cool roofs are white. Although white materials tend to be very good solar reflectors, colored roofing materials, like those shown in Figure 17, can also be made to reflect more sunlight. More than half of the sunlight reaching the earth is invisible to the human eye, and this invisible sunlight heats the roof. A colored surface that reflects much of this invisible sunlight is called a *cool dark color*, or *cool color*. A cool dark color reflects more sunlight than a similar-looking conventional dark color, but less than a light-colored surface. For example, a conventional dark colored surface might reflect 20% of incoming sunlight, a cool dark colored surface, 40%; a light-colored surface, 80%.

Քանի որ աղտոտման պատճառով կամ մթնոլորտային ազդեցության հետևանքով տանիքային նյութերի հատկությունները ժամանակի ընթացքում կարող են փոփոխվել, այդ արժեքները տրվում են թե՛ նյութերի սկզբնական վիճակի համար, թե՛ եռամյա շահագործումից հետո: Նկ. 16-ի պիտակում ցույց է տրվում, որ տվյալ արևային անդրադարձումը երեք տարվա ընթացքում նվազել է 0.87-ից մինչև 0.77: Աղտոտման կամ մթնոլորտային ազդեցությունների հետևանքներն առանձնապես նկատելի են առաջին երկու տարիների ընթացքում, որից հետո վիճակը կայունանում է:

Ոչ բոլոր հով տանիքներն են սպիտակ: Չնայած այն հանգամանքին, որ սպիտակ մակերևույթները, որպես կանոն, արևային լույսի լավ անդրադարձիչներ են, տանիքային գունավոր նյութերը, ինչպես ցույց է տրված նկ. 17-ում, նույնպես կարող են ունենալ բարձր անդրադարձման հատկություններ: Երկրագնդի մակերևույթին հասած Արեգակի ճառագայթման, էներգիայի կեսից ավելին անտեսանելի է մարդու աչքի համար և հենց այդ անտեսանելի մասն է տաքացնում տանիքը: Արևի լույսի անտեսանելի մասն անդրադարձնող ներկված մակերևույթը կոչվում է հով մուգ գույնի կամ սառը գույնի մակերևույթ: Հով մուգ գույնի մակերևույթն ավելի լավ է անդրադարձնում Արևի լույսը, քան նույնանման սովորական մուգ գույնի մակերևույթը, սակայն ավելի վատ, քան բաց գույնի մակերևույթը: Օրինակ՝ սովորական մուգ մակերևույթն անդրադարձնում է ընկնող արևային լույսի 20%-ը, հով մուգ ներկված մակերևույթը՝ 40%-ը, իսկ բաց գույնի լուսավոր մակերևույթը՝ 80%-ը:

Բացի տանիքի ջերմաստիճանն իջեցնելուց, հով տանիքը ջեռուցման շրջանում կարող է ավելացնել ջերմային կորուստները, սակայն կլիմայական գոտիների մեծ մասում էներգիայի տնտեսումը ամառային շրջանում գերազանցում է ջերմային կորուստների աճին ջեռուցման շրջանում: Բազմաթիվ կլիմայական գոտիներում, որոնց բնորոշ են ձյունածածկ տանիքներով ձմեռներ, մուգ տանիքների առավելությունը, բնականաբար, կորչում է:

Վերջապես, հով տանիքներն օգտակար են բնապահպանական առումով: Տանիքները կարող են ջերմային կղզյակների ստեղծման գործին հանդիսանալ քաղաքային կառուցապատման գոտիներում: Ջերմային կղզյակների էֆեկտը նկատելի է բնակավայրի կառուցապատման այն գոտիներում, ուր բաց հողատարածքները զբաղեցվում են շենքերով, փողոցներով և ենթակառուցվածքային այլ տարրերով, և որի արդյունքում քաղաքային այդ գոտում աճում է միջին ջերմաստիճանը: Այսպիսով, նախկինում

While it reduces roof temperature, a cool roof can actually increase the need for heating during colder seasons. However, in many climates, the cooling advantage outweighs the loss of heat gain during winters. In many climates in which snow sits on rooftops in the winter, the dark roof advantage is naturally lost.

Finally, cool roofs are beneficial for the environment. Roofs can be a contributing factor to the heat-island effect associated with urban areas. Heat-island effect refers to the observed fact that, as urban areas develop, buildings, roads, and other forms of infrastructure that replace open land and vegetation increase the average temperature of that urban area. Surfaces that were once permeable and moist become impermeable and dry. The annual mean air temperature of a city with 1 million people or more can be 1-3°C warmer than its surroundings. In the evening, the difference can be as high as 12°C.

խոնավ և թափանցելիությամբ օժտված մակերևույթները վեր են ածվում չոր և անթափանց մակերևույթների: Մեկ միլիոն կամ ավել բնակչությամբ քաղաքում օդի միջին տարեկան ջերմաստիճանը կարող է 1-3°C-ով գերազանցել արվարձանների օդի ջերմաստիճանը: Երեկոյան կողմերին այդ տարբերությունը կարող է հասնել մինչև 12°C:



Figure 18. White paint being applied to metal roof, converting it into a cool roof.



Նկար 18. Սպիտակ գույնով ներկումը մետաղական ծածկույթը վեր է ածում հով տանիքի

Cool roofs can help to reduce the heat-island effect and contribute to environmental benefits. Cool roofs can reduce local air temperatures, which improves air quality and slows smog formation. They can reduce peak electric power demand, which can help to prevent power outages as well as reduce power plant emissions, including the reduction of GHGs (e.g. CO₂ and nitrous oxides) and harmful emissions (e.g. sulfur dioxide).

Հով տանիքները կարող են նպաստել ջերմային կղզյակների էֆեկտի նվազեցմանը և բնապահպանական առավելությունների ընդգծմանը: Այդ տանիքները կարող են իջեցնել տեղական օդի ջերմաստիճանը, որը կնպաստի օդի որակի բարձրացմանը և կիջեցնի սմոգի առաջացման վտանգը: Հով տանիքները կարող են կրճատել գազաթնային (պիկային) էլեկտրաէներգիայի պահանջը, մի հանգամանք, որը կնպաստի էներգահամակարգի վթարների կանխարգելմանը,

Green Roofs

Green roofs, roofs that are covered by a layer of dirt and vegetation, offer many benefits, including filtering of rainwater and air from pollutants, stormwater runoff reduction, reduction of noise pollution, enhancement of biodiversity, and habitat creation for urban wildlife. In addition, green roofs also affect the energy use of a building by both reducing heat gain or loss. They are very effective insulators. In the summer months, green roofs reduce air-cooling loads. In the winter months, they have also been shown to reduce heat loss.¹⁵

Rigorous studies are not available to compare the energy efficiency of green roofs to cool roofs. The accepted wisdom is that cool roofs provide similar energy savings to green roofs, at least in the summer months.

In the winter months, it is probable that green roofs perform better, as dirt has high insulating properties. In the summer months, they both can contribute to the reduction of the heat-island effect in urban areas. Cool roofs are less expensive than green roofs. However, they do not provide the stormwater management, enhanced biodiversity, or filtration benefits associated with green roofs. Cool roofs may be combined with green roofs for optimum use.¹⁶

There are different categorizations of green roofs. Typically, categorizations are based on the depth of the planter, the types and intensity of vegetation, and (sometimes) emphasis on biodiversity. The International Green Roof Association categorizes green roofs into three types: extensive, semi-intensive, and intensive. Figure 19 shows some images and presents characteristics of each type of green roof.

ինչպես նաև էլեկտրակայանների արտանետումների կրճատմանը, ինչպիսիք են ՋԳ (ածխածնի երկօքսիդը և ազոտի օքսիդը) և վնասակար նյութերի արտանետումները (ծծմբի երկօքսիդ):

Կանաչ տանիքներ

Կանաչ տանիքները հողածածկ և բուսականությամբ պատված տանիքներ են, որոնք օժտված են բազմաթիվ առավելություններով. գտում են անձրևաջրերը, հեղեղատային ջրերը և օդը վնասակար նյութերից, իջեցնում են աղմուկի մակարդակը, ընդլայնելով և բարելավելով քաղաքային բնակչի միջավայրի կենսաբազմազանությունը և կենսապայմանները: Կանաչ տանիքներն ազդում են նաև շենքի էներգասպառման վրա՝ պահպանելով ջերմությունը և սվազեցնելով ջերմային կորուստները: Դրանք նաև արդյունավետ ջերմամեկուսիչներ են: Ամառային ամիսներին սվազեցնում են օդի հովացման էներգածախսերը, իսկ ձմեռային ամիսներին՝ ջերմային կորուստները¹⁵:

Կանաչ տանիքների և հով տանիքների էներգետիկ արդյունավետության մանրամասն համեմատությունը հնարավոր չէ համապատասխան հետազոտությունների բացակայության պատճառով: Այնուհանդերձ, ընդունված է համարել, որ կանաչ տանիքներն ունեն նույն էներգետիկ առավելությունները, ինչ հով տանիքները, առնվազն գոնե ամառային ամիսներին:

Ձմեռային ամիսներին կանաչ տանիքներն իրենց լավ կոդուկտիվ են, քանի որ հողը ունի մեկուսիչ լավ հատկություններ: Ամառային ամիսներին տանիքները կնպաստեն քաղաքային կառուցապատման միջավայրում ջերմային կղզյակների էֆեկտի սվազեցմանը: Հով տանիքներն ավելի էժան են, քան կանաչ տանիքները: Սակայն հով տանիքները չեն ապահովում հեղեղատային ջրերի հոսքի կարգավորումը, չեն նպաստում կենսաբազմազանության պահպանմանը, չունեն ջրի և օդի զտման օգուտները, որոնք բնութագրական են կանաչ տանիքների համար: Կանաչ և հով տանիքների համադրումը կարող է օպտիմալ լուծումների աղբյուր դառնալ¹⁶:

¹⁵ “Green Roofs In Winter: Hot Design For A Cold Climate”, accessed June 2013, <http://www.sciencedaily.com/releases/2005/11/051126141309.htm>

¹⁶ “Green Roofs & Stormwater Management”, accessed May 2013,

<http://www.mass.gov/eea/agencies/massdep/water/wastewater/green-roofs-and-stormwater-management.html>

Figure 19. Green roofs are generally categorized into 3 types: extensive, semi-intensive, and intensive



Նկար 19. Կանաչ տանիքները սովորաբար դասակարգվում են երեք տեսակի՝ էքստենսիվ, կիսա-ինտենսիվ և ինտենսիվ

	Extensive	Semi-intensive	Intensive
Maintenance	Low	Periodically	High
Irrigation	No	Periodically	Regularly
Plant communities	Moss-sedum-herbs and grasses	Grass-herbs and shrubs	Lawn or perennials, shrubs and trees
System build-up height	60-200 mm	120-250 mm	150-400 mm; on underground garages > 1m
Weight	60-150 kg/m ²	120-200 kg/m ²	180-500 kg/m ²
Costs	Low	Middle	High
Use	Ecological protection layer	Designed green roof	Park-like garden

Source: “Green Roof Types”, accessed May 2013, International Green Roof Association, www.igra-world.com/types_of_green_roofs/; photos from various sources.

	Էքստենսիվ	Կիսա-ինտենսիվ	Ինտենսիվ
Պահպանումը	ցածր	պարբերական	բարձր
Ոռոգումը	բացակայում է	պարբերական	կանոնավոր
Բուսականությունը	մամուռ, խոտ	խիտ խոտածածկ, թփուտներ	բազմամյա խոտածածկ, թփուտներ, ծառեր
Աճեցման խորությունը	60-200 մմ	120-250 մմ	150-400 մմ, ստորգետնյա ավտոկայանատեղերի վրա > 1մ
Քաշը	60-150 կգ/մ ²	120-200 կգ/մ ²	180-500 կգ/մ ²
Արժեքը	ցածր	միջին	բարձր
Օգտագործումը	Էկոլոգիական պաշտպանիչ շերտ	Նախագծված կանաչ տանիք	այգի, պուրակ

Աղբյուր՝ “Green Roof Types” Այուլը, 2013թ. մայիսի դրությամբ, International Green Roof Association (www.igra-world.com/types_of_green_roofs/); նկարները՝ տարբեր աղբյուրներից:

There are a few academic centers in the world that conduct research on green roofs. Two are the Michigan State University (www.hrt.msu.edu/greenroof/) and the British Columbia Institute of Technology (commons.bcit.ca/greenroof/). However, as markets in green roofs develop, most experience and expertise is building through the private companies that are building green roofs and applying the lessons learned within that process. In addition to the International Green Roof Association (www.igra-world.com),

Գոյություն ունեն կանաչ տանիքների դասակարգման տարբեր մեթոդներ: Որպես կանոն՝ դասակարգման սկզբունքում դրվում է տանիքային ցանքսի խորության չափանիշը, ինչպես նաև բուսականության տեսակը և աճման արագությունը՝ երբեմն շեշտը դնելով կենսաբազմազանության վրա: Կանաչ տանիքների միջազգային ընկերակցությունը կանաչ տանիքները դասակարգում է հետևյալ երեք տեսակի՝ էքստենսիվ, կիսա-ինտենսիվ և ինտենսիվ: Կանաչ տանիքների դասակարգման այդ տեսակների պատկերները ներկայացված են նկ. 19-ում:

students can also refer to Livingroofs.org and the European Federation of Green Roof Associations (www.efb-greenroof.eu/).

As a final note on green roofs, it should be noted that, like many good architectural ideas, it is not a new innovation. Be it the Hanging Gardens of Babylon (circa 5th century BC), Viking and medieval Scandinavian rural homes,¹⁷ or villages in Anatolia, roofs with plants have been employed. In fact, even today in the Caucasus, you can find structures in which the principles of green roofs have been employed. Figure 20 shows a few of these structures.



Աշխարհում կան մի քանի գիտական կենտրոններ, որոնք կանաչ տանիքների բնագավառում իրականացնում են հետազոտական աշխատանքներ: Դրանցից երկուսն են Միչիգան նահանգի համալսարանը ԱՄՆ-ում (www.hrt.msu.edu/greenroof/) և Բրիտանական Կոլումբիայի տեխնոլոգիական ինստիտուտը (commons.bcit.ca/greenroof/): Սակայն կանաչ տանիքների շուկայի զարգացմանը զուգընթաց մասնավոր ընկերությունները մեծ փորձ և հմտություն են կուտակում այդ բնագավառում և իրականացնում են ինչպես տանիքների շինարարությունը, այնպես էլ անձնակազմի ուսուցանումը: Ի լրումն Կանաչ տանիքների միջազգային ընկերակցությանը (www.igra-world.com), ուսանողները կարող են նաև դիմել Livingroofs.org և Կանաչ տանիքների ասոցիացիաների եվրոպական դաշնությանը (www.efb-greenroof.eu/):

Կանաչ տանիքների վերաբերյալ մի վերջին դիտողության կարգով նշենք, որ ինչպես բազմաթիվ հաջող ճարտարապետական մտահղացումները, այնպես էլ սա մեծ նորություն չէ: Հիշենք Բաբելոնյան կախովի այգիները (մոտ 5-րդ դար մ.թ.ա.), Վիկինգների և Սկանդինավների միջնադարյան գյուղական տները¹⁷, Անատոլիայի գյուղական համայնքները, ուր գոյություն ունեին բուսականությամբ ծածկված տանիքներ: Նույնիսկ մեր օրերում Կովկասում կարելի է հանդիպել կանաչ տանիքով կառույցների: Նկ. 20-ում ցույց են տրված այդպիսի կառույցներից երկուսը:

¹⁷ Kelly Coplin, “Green Roof Roots: Stumbling Upon Environmental History in Lake Tahoe”, *NDRC Switchboard*, August 24, 2012, http://switchboard.nrdc.org/blogs/kcoplin/green_roof_roots_stumbling_upo.html

Figure 20. The photo on top is a structure with a traditional green roof near the Village of Aghtsk in Ashtarak, Armenia. The photo below shows “gkhatouns” in the Armenian village of Alastan, Georgia.

Source: Alastan images by Regis Labourdette



Աղբյուրը՝ Ալաստան համայնքի պատկերն ըստ Ռեժիս Լաբուրդեթի նկարների

Նկար 20. Վերևի լուսանկարում պատկերված է ավանդական կանաչ տանիքի կառուցվածքը Աշտարակի Աղցք գյուղի մերձակայքում (Յայաստան), ստորին լուսանկարում՝ Վրաստանի Ալաստան հայկական գյուղի «գլխատները»:

Natural Ventilation

Buildings need ventilation, i.e. inflows of fresh air and the removal of stale air. Staleness can be due to a build up of humidity, perspiration, cooking, smoking, industrial processes, pets, or even breathing. Over time, the CO₂ concentration in an enclosed space will increase and the oxygen concentrations will decrease.

Building codes typically specify ventilation standards. In the US, for instance, most

Բնական օդափոխություն

Շենքերն օդափոխության կարիք ունեն, որի ընթացքում շենք է տրվում թարմ օդ և հեռացվում աղտոտվածը: Օդի աղտոտվածությունը կարող է խոնավության և քրտիկների անշատման, կերակրի պատրաստման, ծխախոտ օգտագործելու, արդյունաբերական պրոցեսների, տնային կենդանիների առկայության, ինչպես նաև մարդու շնչառության հետևանք լինել: Ժամանակի ընթացքում ածխաթթու գազի (CO₂) պարունակությունն օդում կարող է աճել, մինչդեռ թթվածնինը՝ նվազել:

building codes rely on ventilation standards set by ASHRAE Standard 62.1 (indoor air quality for all buildings) and 62.2 (indoor air quality for low-rise residential buildings). These standards are updated every 3 years.

These standards determine, for instance, the minimum amount of fresh air that has to be brought into an enclosed space and the minimum amount of stale air removed per second per occupant or per second per square meter of space. It also sets other minimums, such as the minimum distance of fresh air intakes from exhaust points.

RA CN IV-12.02.01-04 "Heating, ventilation and air conditioning" currently in effect in Armenia specifies permissible values of temperature, relative humidity and velocity of air in the service zone of residential, public and other rooms, etc. Thus, the minimal consumption rate of ambient air in residential buildings is set at 3m³ per hour per m² of residential area.¹⁸ The same indicator is 20 to 30 m³ per hour per person for industrial areas.

Building ventilation can take several forms: mechanical or forced ventilation, natural ventilation, hybrid ventilation, and infiltration.

- **Mechanical or forced ventilation** uses air-handling units that require the expenditure of energy to circulate air or bring fresh air into the interior of buildings and remove stale air or excess humidity. Most modern commercial buildings rely on such devices for ventilation.
- **Natural ventilation** uses the natural forces of wind and buoyancy of air to move fresh air in and stale air out. No additional input of energy is required for this movement. Natural ventilation is the main subject of this section and will be discussed later.
- **Hybrid ventilation** uses a combination of mechanical and natural ventilations. The mechanical is used to either augment the natural ventilation or diminish it, such as when there are strong winds.
- **Infiltration** or air leakage is the exchange of air between the interior or exterior of buildings through cracks in doors, windows, skylights, etc. It is typically

Շինարարական նորմերն ու կանոնները սովորաբար սահմանում են օդափոխության ստանդարտները: Օրինակ՝ ԱՄՆ-ում շինարարական նորմերի գերակշիռ մասը հիմնվում է ASHRAE Standard 62.1 (շենքի ներսի օդի որակը բոլոր շենքերի համար) և 62.2 (շենքի ներսի օդի որակը սակավահարկ բնակելի շենքերի համար) ստանդարտների վրա: Այդ ստանդարտները նորացվում են յուրաքանչյուր երեք տարին մեկ:

Այդ ստանդարտներն, օրինակ, սահմանում են փակ տարածք տրվող թարմ օդի նվազագույն քանակությունը, տարածքից հեռացվող ոչ թարմ օդի քանակությունը վերագրված մեկ մարդուն կամ տարածքի 1 մ² մակերեսին 1 վայրկյանի հաշվով: Այդ ստանդարտները սահմանում են նաև այլ նվազագույն պայմաններ, օրինակ՝ այն նվազագույն հեռավորությունը, որը բաժանում է թարմ օդի ներածման և աղտոտված օդի արտածման կետերը:

ՀՀ-ում գործող «Զեռուցում, օդափոխում և օդի լավորակում» ՀՀՇՆ IV-12.02.01-04 շինարարական նորմերը սահմանում են օդի ջերմաստիճանի, հարաբերական խոնավության և շարժման արագության թույլատրելի նորմերը բնակելի, հասարակական և այլ սենքերի սպասարկման գոտում և այլն: Այսպես, բնակելի շենքերի համար արտաքին օդի նվազագույն ծախսը սահմանված է 3մ³ ժամում բնակելի մակերեսի յուրաքանչյուր 1մ² համար:¹⁸ Նույն ցուցանիշը արտադրական տարածքների համար կազմում է 20-ից 30 մ³ ժամում յուրաքանչյուր մարդու համար:

Շենքերի օդափոխությունը կարող է իրականացվել տարբեր ձևերով՝ մեխանիկական կամ ստիպողական օդափոխություն, բնական օդափոխություն, հիբրիդ օդափոխություն և օդի ներթափանցում (ինֆիլտրացիա):

- **Մեխանիկական կամ ստիպողական օդափոխությունն** օգտագործում է օդափոխության տեղակայանքներ, որոնք էներգիա են ծախսում օդի շրջանառության կազմակերպման կամ շենքերի օդափոխվող տարածք թարմ օդի մատակարարման և հեղձուկ օդի կամ ավելցուկ խոնավության հեռացման վրա: Ժամանակակից առևտրային շենքերի մեծ մասում իրականացվում է այդպիսի օդափոխություն,
- **Բնական օդափոխության** համակարգերում օգտագործվում է քամու բնական ուժը և օդի դուրս մղման ուժը թարմ և հեղձուկ օդային զանգվածների տեղաշարժման համար:

¹⁸ The total of only living room and bedroom areas of an apartment (the term is gradually disappearing from professional vocabulary). Բնակարանի՝ միայն սենյակների մակերեսը (տերմինը աստիճանաբար դուրս է մղվում մասնագիտական շրջանառությունից):

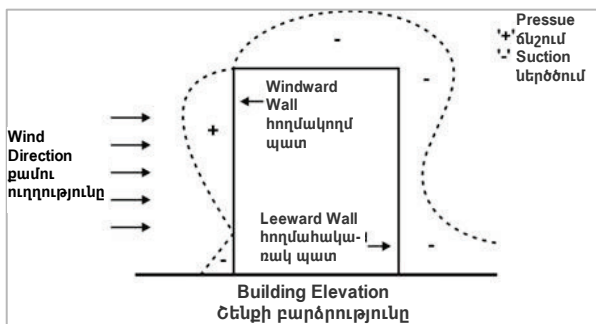
unintentional, although some of it is often unavoidable and perhaps even desirable.

Historically, buildings were ventilated naturally. In many Western countries, however, mechanical ventilation took on a prominent role after the second world war. With the increasing cost of and environmental impact on our energy sources, more attention is being placed on natural ventilation. In climates that are suited to natural ventilation, it is estimated that you could save 10-30% of total energy consumption.¹⁹

Natural ventilation systems rely on pressure differences that move fresh air through an enclosed space. Pressure differences can be caused by wind or the buoyancy effect caused by differences in temperature or humidity. This can happen in three ways:

- a) Wind can blow air through openings in the wall on the windward side of the building, and suck air out of openings on the leeward side and the roof (Figure 21).

Figure 21. When wind hits a building, i.e. its windward direction, it has positive pressure. However, the wind “pulls away” from the building in its leeward direction, which creates negative pressure (a vacuum) into which high-pressure air will flow



Նկար 21. Հողմնահարվող կողմից շենքին գրոհող քամին առաջացնում է դրական ճնշում: Բայց հենց որ քամին «պոկվում» է շենքից, հողմահակառակ կողմում առաջանում է բացասական ճնշում (վակուում)

- b) Temperature differences between warm air inside and cool air outside can cause the air in the room to rise and exit at a ceiling or ridge, and enter via lower openings in a wall.
- c) Similarly, buoyancy caused by differences in humidity can allow a pressurized

Այս համակարգերում ոչ մի լրացուցիչ էներգետիկ ծախս չի պահանջվում: Բնական օդափոխությունը այս բաժնի հիմնական առարկան է և մանրամասն կներկայացվի ավելի ուշ,

- Հիբրիդ օդափոխության համակարգերում օգտագործում են մեխանիկական և բնական օդափոխության համադրումը: Այս համակարգերի մեխանիկական բաղադրիչն օգտագործվում է բնական օդափոխության ուժեղացման, կամ, ընդհակառակը, թուլացման նպատակով՝ ուժեղ քամիների պարագայում,
- Ինֆիլտրացիան (կամ օդի հոսակորուստները) շենքի արտաքին և ներքին պատող կոնստրուկցիաներից օդի չկազմակերպված հոսքն է, որը տեղի է ունենում դռների, պատուհանների, մանսարդային լուսամուտների և այլն, ճեղքերի միջով: Ինֆիլտրացիան, որպես կանոն, ակամա է տեղի ունենում, չնայած որոշ դեպքերում ինֆիլտրացիան անխուսափելի է, իսկ երբեմն նույնիսկ կարող է լինել ցանկալի:

Պատմականորեն շենքերը օդափոխվել են բնական եղանակով: Սակայն բազմաթիվ արևմտյան երկրներում մեխանիկական օդափոխությունը գլխավոր դեր է խաղում, հատկապես երկրորդ համաշխարհային պատերազմից հետո: Մեխանիկական օդափոխության բարձր արժեքի և էներգիայի աղբյուրների՝ բնության վրա ունեցած ազդեցության պատճառով ավելի մեծ ուշադրություն է դարձվում բնական օդափոխությանը: Նպաստավոր կլիմայական պայմաններում բնական օդափոխությունն ի վիճակի է ապահովել էներգիայի ընդհանուր սպառման 10-30% տնտեսում¹⁹:

Բնական օդափոխության համակարգերը գործում են թարմ օդը փակ տարածքում տեղաշարժող ճնշումների տարբերության շնորհիվ: Ճնշումների տարբերությունը կարող է առաջանալ կամ քամու կամ օդի դուրս մղման ուժի շնորհիվ, որը օդի ջերմաստիճանների կամ խոնավությունների տարբերության հետևանք է: Դա տեղի է ունենում հետևյալ ուղիներով.

- ա) քամին կարող է պատի անցքերի ու ճեղքերի միջով փչել շենքի հողմնահարվող կողմից և արտածել օդը շենքի հողմահակառակ կողմից ու տանիքից (Նկ. 21);
- բ) շենքի ներսի տաք օդի և դրսի սառն օդի ջերմաստիճանների տարբերությունները ստիպում

¹⁹ The remainder of this section relies heavily on Andy Walker, “Natural Ventilation”, *National Renewable Energy Laboratory*, June 15, 2010, www.wbdg.org/resources/naturalventilation.php
 Բաժնի կյուրը, այստեղից ի կեր մեծապես հիմնված է հետևյալ հրապարակման վրա. Andy Walker, “Natural Ventilation”, *National Renewable Energy Laboratory*, June 15, 2010, www.wbdg.org/resources/naturalventilation.php

column of dense, evaporatively cooled air to supply a space, and lighter, warmer, humid air to exhaust near the top.

The first principle is used effectively by “wind catchers” in parts of the Middle East that have hot and dry climates. While there is evidence of their use in Ancient Egypt, more modern applications are prevalent in the cities of the arid regions of Iran and Arab countries.

The towers that catch the wind are typically four or eight sided. This enables them to catch the wind from the different directions from which it may blow. If architects are unable to provide so many openings, they need to have good information on the direction of prevailing winds. Access to local meteorological information is critical. They should also ensure that there are no major obstructions to the flow of summer winds. Traditional applications used towers to avoid obstructions (Figure 22).

Modern applications of wind catchers are growing. One use mentioned frequently is at the Beddington Zero Energy Development (BedZED) in the United Kingdom. Despite the fact that this particular solution has a heat-recovery component worked into it, the wind cowls, as they are called, offer passive ventilation. There are also other contemporary projects employing wind-catcher solutions (Figure 23).²⁰

As mentioned above, natural ventilation can result from the buoyancy of air, which is caused by differences in air density. The density of air depends on temperature and humidity (cool air is heavier than warm air at the same humidity and dry air is heavier than humid air at the same temperature due to water vapor density being lower than air density).

Within the room, both heat and humidity given off by occupants and other internal sources tend to make air rise. The stale, heated air escapes from openings in the ceiling or roof and permits fresh air to enter from lower openings to replace it. This is called stack ventilation and is seen in 19th century

են սենյակի ներսի օդին բարձրանալ վեր և դուրս գալ առաստաղի մակարդակով կամ տանիքի եզրագծով, իսկ դրսի օդին՝ ներծծվել պատերի ստորին մասի անցքերից կամ ճեղքերից;

գ) համանման ձևով օդի դուրս մղման ուժի փոփոխությունը կարող է հետևանք լինել խոնավությունների տարբերության, որի դեպքում ավելի թեթև խոնավ օդի սյունը կարող է ճնշվել դեպի սենյակի վերին մասերը և արտահոսել:

Հողմորսիչների կիրառության առաջին վկայությունները կապված են չոր և տաք կլիմա ունեցող Միջին Արևելքի հետ: Գոյություն ունեն վկայություններ առ այն, որ դրանք օգտագործվել են Հին Եգիպտոսում, ավելի ժամանակակից տարբերակները կիրառվել են Իրանի քաղաքներում, հատկապես առավել չոր կլիմայական գոտու բնակավայրերում, ինչպես նաև որոշ արաբական երկրներում:

Հողմորսիչ աշտարակները սովորաբար ունենում են չորս կամ ութ կողմ, տարբեր ուղղություններով քամիներ որսալու նպատակով: Եթե ճարտարապետը չունի բոլոր ուղղությունները հաշվի առնելու համար բացվածքներ ապահովելու հնարավորություն, ապա պետք է տիրապետի վստահելի տեղեկության քամիների հիմնական ուղղության մասին: Կարևորագույնն է դառնում տեղի օդերևութաբանական տեղեկության մատչելիությունը: Պետք է նաև ապահովել ամառային քամիների հիմնականում անարգել ընթացքը: Արգելքներից խուսափելու համար ավանդական է աշտարակների կիրառումը (սկ. 22):

Հողմորսիչների կիրառությունը ներկայումս գնալով տարածվում է: Դրանցից առավել հաճախ հիշատակվողը Միացյալ Թագավորությունում Բեդինգտոնի տեղակայանքն է՝ Beddington Zero Energy Development (BedZED): Չնայած այն փաստին, որ այդ մասնավոր լուծումը պարունակում է նաև ջերմության ներքին ռեկուպերացիա, քամու շրջանցիչները, ինչպես դրանց անվանում են, ապահովում են պասիվ օդափոխություն: Կան նաև այլ ժամանակակից նախագծեր հողմորսիչների օգտագործմամբ (սկ. 23)²⁰:

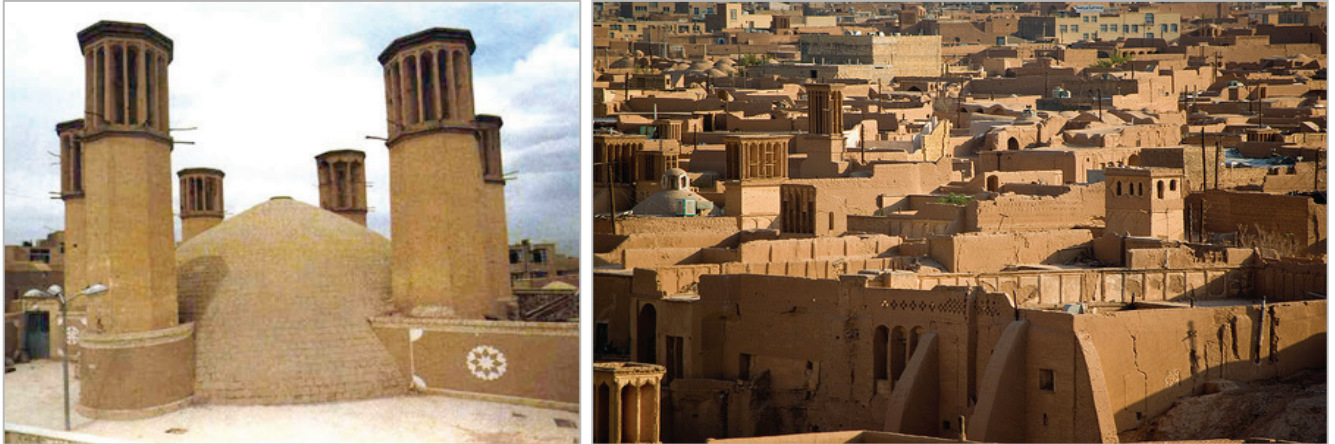
Ըստ վերոնշյալի, բնական օդափոխությունը կարող է տեղի ունենալ օդի դուրս մղման ուժի շնորհիվ, որը պայմանավորված է օդի խտությունների տարբերությամբ: Օդի խտությունը կախված է ջերմաստիճանից և հարաբերական խոնավությունից (սառն օդը ավելի ծանր է նույն

²⁰ For a thorough discussion of windcatchers and their modern applications see Omidreza Saadatian et al, "Review of Windcatcher Technologies," *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16, (2012), 1477–1495.
Հողմորսիչների և դրանց կիրառման ժամանակակից տարբերակների մանրամասն քննարկումը տես այստեղ. Omidreza Saadatian et al, "Review of Windcatcher Technologies," *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16, (2012), 1477–1495:

buildings. Research by Jane Greenwood on vernacular architecture in Gyumri, Armenia, points out the use of these solutions in 19th century residences (Figure 24).

խոնավության տաք օդից, չոր օդը ավելի ծանր է և սույն ջերմաստիճանի խոնավ օդից, քանի որ ջրային գոլորշու խտությունը փոքր է օդի խտությունից):

Figure 22. Wind catchers in traditional Iranian cities. Note the four or eight-sided openings to capture wind from different directions. They are also placed on towers to avoid obstructions to wind flow



Նկար 22. Հողմի որսումն ավանդական և իրանական քաղաքներում: Ուշադրություն դարձրեք 4 կամ 8 կողային հողմորսիչ անցքերին: Դրանք տեղադրվում են նաև աշտարակների վրա արգելքներից խուսափելու համար:

Figure 23. Modern windcatchers. University of Qatar, Doha (top left), BedZED (right), and in Australia (bottom left)



Նկար 23. Ժամանակակից հողմորսիչներ. Քաթարի համալսարան, Դոխա (վերևում, ձախից), BedZED (աջից) և Ավստրալիա (ներքևում, ձախից)

Սենյակի ներսում գտնվողներից և այլ ներքին աղբյուրներից անջատվող ջերմությունն ու խոնավությունը բերում են օդի թեթևացմանը և դեպի վեր տեղաշարժմանը: Տաքացած աղտոտված օդը դուրս է գալիս առաստաղի կամ տանիքի անցքերից՝ դրանով իսկ հնարավորություն տալով թարմ օդին ներթափանցել սենյակ ստորև գտնվող անցքերից և ճեղքերից և, այսպիսով, փոխարինել հեռացված օդին: Դա անվանվում է շերտային օդափոխություն (stack ventilation) և կիրառվում էր 19-րդ դարի շենքերում: Ջեյն Գրինվուդի կողմից կատարված ժողովրդական ճարտարապետության ուսումնասիրությունները Հայաստանի Գյումրի քաղաքում ցույց են տալիս, որ այդպիսի լուծումները կիրառվել են 19-րդ դարում, բնակելի տների շինարարությունում (Նկ. 24):

Figure 24. Research by Jane Greenwood on vernacular architecture in Gyumri, Armenia, shows some of the natural ventilation (stack ventilation) used in buildings. Photos by Jane Greenwood



Նկար 24. Ջեյն Գրինվուդ, Գյումրի: Նկատելի են բնական օդափոխության համար նախատեսված անցքերը: Լուսանկարները՝ Ջեյն Գրինվուդի

Stack effect ventilation is an especially effective strategy in winter, when indoor/outdoor temperature difference is at a maximum. Stack effect ventilation will not work in summer unless a chimney heated by solar energy is used.

The solar chimney consists of a black-painted chimney (Figure 25). During the day, solar energy heats the chimney and the air within it, creating an updraft of air. The suction created at the chimney's base can be used to ventilate and cool the building below.

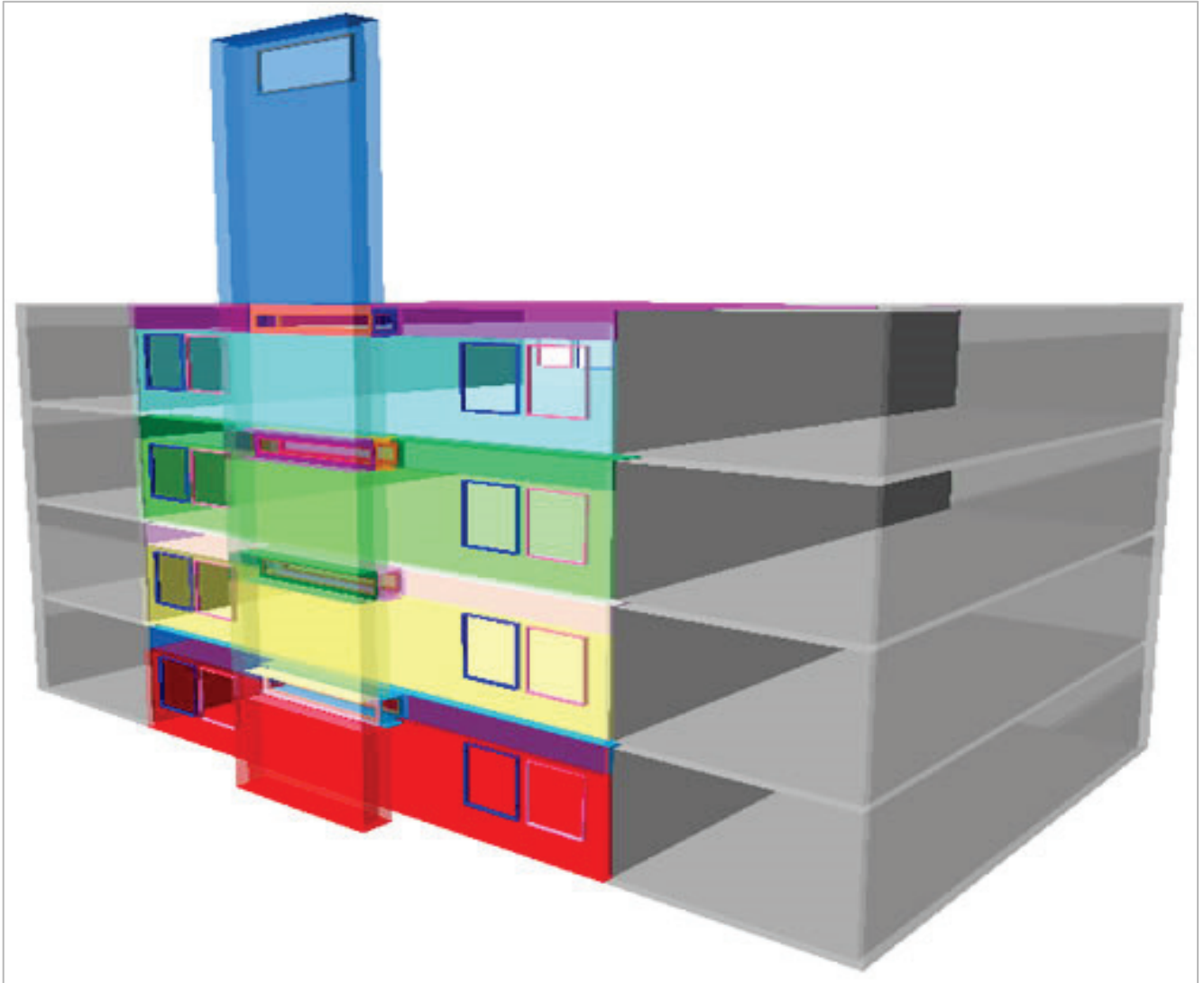
This section gave a broad brushstroke of natural ventilation, introducing some of the basic concepts. Architects and builders should familiarize themselves further on this important topic through the reading material recommended below.

Շերտային օդափոխության (stack ventilation) արդյունավետությունն առավել ակնհայտ է ձմեռային շրջանում, երբ ներքին և արտաքին օդի ջերմաստիճանների տարբերությունը հասնում է առավելագույնի: Շերտային օդափոխությունը չի գործում ամռանը, եթե չի օգտագործվում արևային էներգիայի կիրառմամբ տաքացվող ծխնետույզը:

Արևային օդահեռացող խողովակը (անվանում են նաև արևային ծխնետույզ) մուգ ներկված խողովակ է (նկ. 25): Օրվա ընթացքում Արևի էներգիան տաքացնում է խողովակը և դրանում գտնվող օդը, ինչը և խողովակում գրգռում է վերամբարձ հոսք: Խողովակի ստորին մասում առաջացած նոսրացումը կարելի է օգտագործել թարմ օդը դեպի տարածքներ ուղղելու համար:

Սույն բաժնում ներկայացվեցին բնական օդափոխության հիմնական ներածական սկզբունքները: Այդ տեխնիկային մանրամասն ծանոթանալու և գործնականում կիրառելու համար ճարտարապետներն ու շինարարները պետք է դիմեն ստորև խորհուրդ տրվող գրականությանը:

Figure 25. Solar chimneys can enable a flow of air even when the outside temperature is equal to or higher than internal temperature, as they create concentrated hot air that expedites upward flow through the chimney.



Նկար 25. Արևային խողովակը ստեղծում է օդի հոսք, անգամ, եթե դրսի օդի ջերմաստիճանը բարձր է ներսինից, որովհետև խողովակը ստեղծում է տաք օդի կենտրոնացված շիթ

Reading List | Ընթերցանության կյուրթեր

US Department of Energy's Solar Decathlon for architecture and construction student teams. (website | վեբ-կայք) <http://www.solardecathlon.gov/>

Solar Decathalons in Europe, China, and Latin America (website | վեբ-կայք) http://www.solardecathlon.gov/sd_europe.html

Robert Hastings and Mariam Wall, *Sustainable solar housing, Volumes 1+2 Strategies and solutions (Volumes 1 and 2)*. London: Earthscan, 2007.

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

Audiovisual Material

Collection of 100s of videos on passive solar building design
<https://www.youtube.com/channel/UCSFZA DuedAFiHeeD9b4na-Q>

Տեսաձայնային կյուրթեր

Շենքերի արևային պասիվ նախագծման վերաբերյալ 100 տեսանյութերից բաղկացած հավաքածու (անգլերեն)
<https://www.youtube.com/channel/UCSFZADuedAFiHeeD9b4na-Q>

Discussion Questions

1. In your opinion, of all the professions involved in the design of a building, who is responsible for ensuring that the building is designed to provide thermal comfort to its occupants?
2. In your opinion, of all the professions involved in the design of a building, who is responsible for ensuring that the building is energy efficient, i.e. expends minimal energy for heating, air conditioning, ventilation, and lighting?
3. With respect to employing passive solutions for energy efficiency, what are some of the questions you would ask before you begin designing?
4. How will you convince your client to integrate passive solutions into building design?
5. Play a game with your classmates where you each take 30 seconds to explain in layman's terms each of the following:
 - Building orientation;
 - Shading with trees;
 - Structural shading;
 - Daylighting;
 - Cool roof;
 - Green roof;
 - Natural ventilation.

Հարցեր բանավեճերի համար

1. Ձեր կարծիքով, շենքերի նախագծման մեջ ներգրավված բոլոր մասնագետներից ո՞րն է պատասխանատու բնակիչների ջերմային հարմարավետությունն ըստ նախագծման ապահովելու համար:
2. Ձեր կարծիքով, շենքերի նախագծման մեջ ներգրավված բոլոր մասնագետներից ո՞րն է պատասխանատու շենքի էներգաարդյունավետության, այն է՝ ջեռուցման, օդափոխության, օդորակման և լուսավորության նպատակով նվազագույն էներգասպառման համար:
3. Որո՞նք են Ձեր կողմից տրվելիք հարցերը պասիվ լուծումների կիրառմամբ էներգաարդյունավետ շենքի նախագծումը սկսելուց առաջ:
4. Ինչպե՞ս եք համոզելու Ձեր հաճախորդին շենքի նախագծման մեջ պասիվ լուծումներ ներառելու:
5. Կազմակերպեք խաղ Ձեր դասընկերների հետ, որի ընթացքում յուրաքանչյուրը ունենաք մոտ 30 վայրկյան հետևյալ հասկացությունները ոչ մասնագետին ներկայացնելու համար.
 - շենքի կողմնորոշում,
 - ստվերում ծառերով,
 - կառուցվածքային ստվերում,
 - ցերեկային լուսավորություն,
 - հով տանիք,
 - կանաչ տանիք,
 - բնական օդափոխություն: