

**Կանաչ ճարտարապետություն .
Էներգաարդյունավետություն և վերականգնվող էներգիա**

**Green Architecture:
Energy Efficiency and Renewable Energy**

Գլխավոր հեղինակ | LEAD AUTHOR
Ալեն Ամիրխանյան | Alen Amirkhanyan

Համահեղինակներ | CONTRIBUTING AUTHORS

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

Ռուբեն Համբարձումյան | Ruben Hambartsumyan (մոդուլ | module 5)

Արտակ Համբարյան | Artak Hambarian (մոդուլ | module 6)

ՔՏԴ 712 + 620.9 (075)

ԳՄԴ 85.11 + 31 ց7

Կ 200

Կ 200

Կանաչ ճարտարապետություն. Էներգաարդյունավետություն և վերականգնվող Էներգիա / Ամիրխանյան Ալեն, Սեկոյան Տիգրան, Համբարձումյան Ռուբեն, Համբարյան Արտակ - Եր.: ՄԱՉԾ, 2015. - 410 էջ:

Green Architecture: Energy Efficiency and Renewable Energy / Alen Amirkhanyan, Tigran Sekoyan, Ruben Hambartsumyan, Artak Hambarian - Yerevan, UNDP, 2015, 410 pp.

Դասագրքի նպատակն է ներկայացնել շինարարության բնագավառում կանաչ ճարտարապետության սկզբունքների կիրառման ընդլայնմանը նպաստող բազմաթիվ լուծումներ և մոտեցումներ: Դրանք ներառում են վերականգնվող էներգետիկան, պասիվ լուծումները, էներգետիկ աուդիտը, շենքերի ինտեգրված սախագծման մոտեցումը և այլն: Հեղինակները ցուցաբերում են միջգիտակարգային մոտեցում և անդրադառնում են ոլորտում ժամանակակից զարգացումներին, հիմնվելով գրական սորագույն աղբյուրների և առցանց ռեսուրսների վրա: Դասագիրքը նախատեսված է ճարտարապետության և ճարտարագիտության բնագավառներում դասախոսական կազմի և ուսանողների, ինչպես նաև հետաքրքրված այլ մասնագետների լայն շրջանակների համար:

Դասագրքի նյութերը 2013-2014 ուսումնական տարվանից ներառված են «Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարան» հիմնադրամի ուսումնական ծրագրում:

Դասագիրքը մշակվել է ՀՀ բնապահպանության նախարարության և ՀՀ քաղաքաշինության նախարարության համակարգման ներքո իրականացվող «Շենքերի էներգետիկ արդյունավետության բարձրացում» ՄԱՉԾ-ԳԷՖ/00059937 ծրագրի շրջանակներում:

The textbook aims to present multiple solutions and approaches contributing to the wider application of green architecture practices in construction. These include renewable energy, passive solutions, energy audit, integrated building design approach, etc. The authors demonstrate interdisciplinary approaches and refer to the latest sectorial developments, relying on the most recently available literature and online resources. The textbook is intended for a wide range of interested professionals, including faculties and students of architecture and engineering.

The materials of the textbook are incorporated into the curricula of the “National University of Architecture and Construction of Armenia” Foundation since academic year 2013-2014.

The textbook has been developed within the framework of the “Improving Energy Efficiency in Buildings” UNDP-GEF/00059937 project, implemented under the coordination of the Ministry of Nature Protection and Ministry of Urban Development of the Republic of Armenia.

Տեքստի ձևավորում՝ Էդվարդ Մարտիրոսյան
Կազմի ձևավորում՝ Նարեկ Թորոսյան

Text design: Edvard Martirosyan
Cover design: Narek Torosian

Սույն հրապարակումով ներկայացված տեսակետը հեղինակային է և կարող է չհամընկնել ՄԱԿ-ի Չարգացման ծրագրի դիրքորոշման հետ:

The views expressed in this publication are the authors' and do not necessarily represent those of the United Nations Development Programme.

ISBN 978-9939-1-0230-6

© ՄԱՉԾ Հայաստան, 2015թ.
© UNDP Armenia, 2015

Սույն հրապարակման բովանդակությունը թույլատրվում է վերարտադրել անվճար, ցանկացած ձևաչափով և միջոցով՝ ճշգրտության և չափակողմնորոշող համատեքստում զետեղելու պայմանով: Նյութը պետք է ճանաչվի որպես ՄԱՉԾ հեղինակային իրավունքի առարկա, ընդ որում հրապարակման անվանումը, վայրը և տարին պետք է նշվեն:

This publication may be reproduced free of charge in any format or medium, provided that it is reproduced accurately and not in a misleading context. The material must be acknowledged as UNDP copy-right, with the title and source of publication specified.

Foreword

Green architecture aims to reduce or even reverse the negative impacts humans have had and continue to have on the natural environment. Buildings' and cities' energy use is among the key causes of these negative impacts. Buildings consume an estimated 40-50% of all energy generated by humans. To generate most of this energy, we destroy natural habitats, and pollute the air with harmful gases like sulfur dioxide, carbon dioxide, and nitrogen oxide, among others. Chemical pollution, ocean acidification, climate change, and significant loss of biodiversity are a few of the impacts resulting from humanity's energy choices to date.

Worldwide, most practicing architects and students of architecture have heard of green or environmentally sustainable architecture, especially as it relates to energy efficiency and renewable energy. This indicates recognition among building-design professionals that human progress has come at a cost to the natural environment. It also points out that trade organizations and journals have effectively reached out to their constituencies to raise awareness and offer useful solutions. This textbook is an invitation to students and practitioners in Armenia to join this new wave and become part of the solution to alleviating the distress our planet is facing.

The book does not offer a single approach or a unified theory of design. Instead it presents a multitude of solutions and approaches that are continuously morphing and metamorphosing. Innovation, technological development, ever deepening understanding of building physics, and an open view to both old and new solutions all contribute to the creative process of green architecture. Human ingenuity and innovation (indeed, your ingenuity and innovation) will continue to open up new paths.

The 10 modules in this book are designed to present architecture and engineering students with the fundamentals of green

Նախաբան

Կանաչ ճարտարապետության նպատակն է նվազեցնել, կամ նույնիսկ հակադարձնել բնական միջավայրի այն բացասական հետևանքները, որոնք հասցվել են և դեռ շարունակում են հասցվել մարդու գործունեության պատճառով: Շենքերի և քաղաքների կողմից էներգիայի օգտագործումն այդ բացասական ազդեցության առանցքային պատճառներից մեկն է: Մարդկության կողմից արտադրվող ամբողջ էներգիայի մոտ 40-50%-ը սպառվում է շենքերի կողմից: Այդ էներգիայի մեծ մասն արտադրելու համար մենք ոչնչացնում ենք կենսական միջավայրը՝ աղտոտում օդն այնպիսի վնասակար գազերով, ինչպիսիք են՝ ածխածնի երկօքսիդը, ծծմբի երկօքսիդը, ազոտի օքսիդը և այլն: Զիմիական աղտոտվածությունը, օվկիանոսի թթվայնացումը, կլիմայի փոփոխությունը և կենսաբազմազանության զգալի կորուստներն ազդեցության այն հետևանքներից են, որոնք առաջանում են մարդկության էներգետիկ ընտրության պատճառով:

Ամբողջ աշխարհում, ոլորտում աշխատող ճարտարապետներից կամ այդ մասնագիտությամբ ուսանողներից շատերը լսել են կանաչ կամ էկոլոգիապես կայուն ճարտարապետության մասին՝ հատկապես, երբ դա վերաբերում է էներգաարդյունավետությանը և վերականգնվող էներգետիկային: Սա բերել է նրան, որ ճարտարագետ-նախագծողներն ընդունում են այն փաստը, որ մարդկությունն իր առաջընթացին հասել է բնական միջավայրի հաշվին: Սա նաև ընդգծում է, որ բարձրացնելով տեղեկացվածությունը և օգտակար լուծումներ առաջարկելով՝ առևտրային կազմակերպություններն ու ամսագրերը հաջողությամբ լսելի են դարձել իրենց ունկնդիրներին: Այս դասագիրքը Հայաստանի ուսանողների և մասնագետների համար մի կոչ է՝ միանալ այս նոր ալիքին և մասնակից դառնալ մեր մոլորակի առաջ կանգնած աղետի մեղմմանը:

Այս գիրքը որևէ միակ մոտեցում կամ նախագծման միասնական տեսություն չի առաջարկում: Փոխարենը՝ բազմաթիվ լուծումներ և մոտեցումներ է ներկայացնում, որոնք շարունակաբար զարգանում ու ձևափոխվում են: Նորարարությունը, տեխնոլոգիական զարգացումը, շենքերի ֆիզիկայի ընկալման

architecture, with a particular focus on energy efficiency and renewable energy.

- Module 1 gives an overview of the relationship between energy choices and environmental health.
- Module 2 steps back and looks more broadly at the impact of the built environment on the planet's health.
- Module 3 offers an understanding of the standards and regulations that help building design to become increasingly green.
- Module 4 discusses that which has come to be called "passive solutions" or "bio-climactic design". These are solutions that do not rely on mechanical equipment to offer thermal and visual comfort, but instead use building design to allow natural forces to create comfort.
- Module 5 focuses on the critical topic of building envelope and how to insulate it to prevent unwanted heat loss and gain.
- Module 6 discusses the integration of renewable energy generation into buildings.
- Module 7 offers a multitude of solutions on storing energy generated on site.
- Module 8 introduces a design process, relatively new in building design, called the "Integrated Building Design Approach". Similar processes have long been widely adopted in the weapons, aerospace, and automotive industries, where very reliable and high-performance products are an absolute must. As performance standards for buildings increase, integrated design approaches are also becoming more relevant to building design and construction industries.
- Module 9 discusses the tools that can be used to audit the energy performance of a building. These are not necessarily tools that building design and construction professionals will use.

մշտական խորացումը և հին ու նոր լուծումների նկատմամբ բաց տեսակետները՝ միասնաբար նպաստում են կանաչ ճարտարապետության ստեղծագործական գործընթացին: Մարդու հնարամտությունն ու նորարարությունը (ձեր հնարամտությունն ու նորարարությունը) շարունակելու են նոր արահետներ բացել մեր համար:

Այս գրքում ընդգրկված 10 մոդուլները ճարտարապետության և ճարտարագիտության բաժնի ուսանողներին ներկայացնում են կանաչ ճարտարապետության հիմունքները՝ հատուկ ուշադրություն դարձնելով էներգաարդյունավետության և վերականգնվող էներգետիկայի վրա:

- Մոդուլ 1-ը ակնարկ է էներգիայի տեսակի ընտրության և առողջ շրջակա միջավայրի միջև փոխհարաբերության մասին,
- Մոդուլ 2-ը մի ետադարձ քայլ է անում և ավելի ընդգրկուն հայացքով դիտարկում կառուցապատված միջավայրի ազդեցությանը մոլորակի առողջության վրա,
- Մոդուլ 3-ը պատկերացում է տալիս այն մասին, թե որոնք են այն չափանիշներն ու կանոնակարգերը, որոնք օգնում են շենքերի նախագծման ոլորտը դարձնել ավելի ու ավելի կանաչ,
- Մոդուլ 4-ում դիտարկվում է այն, ինչի պայմանական անվանումը «պասիվ լուծումներ» է կամ «կենսակլիմայական նախագծում»: Սրանք այն լուծումներն են, որոնք ջերմային և տեսողական հարմարավետություն համար չեն ապավինում մեխանիկական սարքավորումներին, սակայն դրա փոխարեն շենքերը նախագծում են այնպես, որ բնության ուժերի միջոցով հարմարավետություն ստեղծվի մարդու համար,
- Մոդուլ 5-ը կենտրոնանում է շենքի արտաքին կոնստրուկցիաների և անցանկալի ջերմային կորուստը կամ կլանումը կանխելու համար ջերմամեկուսացման միջոցների կարևորագույն թեմայի վրա,
- Մոդուլ 6-ում քննարկվում են էներգիայի արտադրությունը և վերականգնվող էներգետիկան շենքերում ինտեգրելու հարցերը,
- Մոդուլ 7-ն առաջարկում է տեղում արտադրված էներգիան կուտակելու բազմաթիվ լուծումներ,

However, it should be useful to learn about ways in which the buildings they design and build will later be assessed for their energy performance.

- Module 10 will introduce basic financial analysis concepts and tools with which building designers and engineers should be well versed if they want to offer financially feasible solutions to clients.

Energy efficiency and renewable energy are vast topics. This textbook can only hope to introduce the basics and encourage a lifelong desire to keep pace with new developments. The Reading List and the Audiovisual Materials references at the end of each module are meant to help students locate those resources that will help them continue on the path of lifelong learning.

Finally, the Discussion Questions at the end of each module are meant to personalize and deepen understanding of critical issues and solutions. What is hoped is that deeper thinking will allow students of building design to become active, creative solution seekers. It is their good hands that this planet will be left. Their education must reinforce the responsibility they are about to take on as stewards of our precious planet.



- Մոդուլ 8-ը ներկայացնում է շենքերի նախագծման գործընթացում համեմատաբար նոր մոտեցում, որը կոչվում է «Շենքերի ինտեգրված նախագծում»: Նմանատիպ գործընթացներն արդեն երկար ժամանակ լայնորեն կիրառվում են զենքի արտադրության, օդատիեզերաշինության և ավտոմոբիլային արդյունաբերության մեջ, որտեղ շատ հուսալի և բարձր արդյունավետությամբ օժտված ապրանքների բացարձակ անհրաժեշտություն կա: Շենքերի կատարողական պահանջների աճի հետ զուգահեռ շենքերի նախագծման և շինարարության ոլորտներում ինտեգրված նախագծման մոտեցումները ավելի են կարևորվում,
- Մոդուլ 9-ում դիտարկվում են այն գործիքները, որոնք կարող են օգտագործվել շենքում էներգետիկ աուդիտ իրականացնելու համար: Պարտադիր չէ, որ սրանք լինեն հատկապես այն գործիքները, որոնք օգտագործվել են շենքեր նախագծողների ու շինարարների կողմից: Սակայն վերջիններիս օգտակար է իմանալ այն եղանակների մասին, որոնք հետագայում կիրառվելու են իրենց նախագծած և կառուցած շենքերի էներգետիկ ցուցանիշները գնահատելու համար,
- Վերջապես, Մոդուլ 10-ը ներկայացնում է ֆինանսական վերլուծության հիմնական հասկացությունները և գործիքները, որոնց մասին շենքեր նախագծողներն ու ճարտարագետները պետք է լավատեղյակ լինեն, եթե ցանկանում են ֆինանսապես իրագործելի լուծումներ առաջարկել իրենց հաճախորդներին:

Էներգաարդյունավետության և վերականգնվող էներգիայի թեման ծավալուն է: Հուսանք, որ այս դասագիրքը կկարողանա ներկայացնել դրա հիմունքները և կխրախուսի նոր զարգացումների ընթացքին հետևելու հարատև ցանկությունը: Յուրաքանչյուր մոդուլի վերջում բերված գրականության և տեսաձայնային լրացուցիչ նյութերի վրա հղումները նախատեսված են ուսանողներին օգնել՝ օգտվել այդ ռեսուրսներից և շարունակել ցկյանս ուսումնառության ուղին:

Յուրաքանչյուր մոդուլի վերջում ներկայացված քննարկման հարցերը նախատեսված են կարևորագույն խնդիրների և լուծումների անհատականացման և ըմբռնումը խորացնելու համար: Հուսով ենք, որ նման խոր մտածելակերպը շենքերի նախագծման բաժնի ուսանողներին հնարավորություն կտա վերածվել ակտիվ, ստեղծագործական լուծումներ փնտրողների: Այս մոլորակը մնալու է նրանց բարի ձեռքերում: Նրանց կրթությունը պետք է մեծացնի այն պատասխանատվությունը, որը նրանք ստանձնելու են՝ որպես մեր թանկ մոլորակի պատասխանատուներ:

About the Authors

Alen Amirkhanian

Mr. Alen Amirkhanian has been the Director of the American University of Armenia's (AUA) Acopian Center for the Environment since 2013. In addition to teaching environmental science courses to AUA graduate and undergraduate students, he teaches courses at AUA's College of Science and Engineering on environmental sustainability and the built environment. Prior to AUA, he was a Senior Vice President of Research at Michael Porter's Initiative for a Competitive Inner City. He has consulted with the World Bank, UNDP, and the Brookings Institution on energy efficiency, as well as on economic and urban growth issues. Amirkhanian holds a Master's degree from the Massachusetts Institute of Technology's Department of Urban Studies and Planning.

Tigran Sekoyan

Mr. Tigran Sekoyan has more than 30 years' experience as an engineer and manager in the field of heat generation, natural gas transmission and distribution, and energy efficiency. He has wide experience both in the public and private sectors. He has been an expert on the "Improving Energy Efficiency in Buildings", "Green Urban Lighting" and "Biennial Update Report" UNDP-GEF projects as well as a member of the Armenian Energy Technical Standardization Commission. Sekoyan has served as chief expert for the World Bank and R2E2 Fund, chief engineer of the Engineering Center at ArmRusGasProm CJSC, Deputy General Director at ArmGasProm CJSC, Chief Executive at Euroterm Private CJSC, and Director at Thermal Networks State Enterprise of the Armenian Ministry of Energy and Natural Resources. He has consulted with COWI, AEAI and REC Caucasus on project strategy building, business development, resource efficiency, and cleaner production. He holds a Masters' degree in Energy Engineering from the Faculty of Energy of the State Engineering University of Armenia (Polytechnic).

Հեղինակների մասին

Ալեն Ամիրխանյան

Ալեն Ամիրխանյանը Հայաստանի ամերիկյան համալսարանի (ՀԱՀ) Յակոբեան բնապահպանական կենտրոնի տնօրենն է 2013-ից: Ի լրումն ՀԱՀ-ի բակալավրիատում և մագիստրատուրայում շրջակա միջավայրին վերաբերող դասընթացների, նա կարդում է դասընթաց նաև ՀԱՀ բնագիտության և ճարտարագիտության ֆակուլտետում՝ բնապահպանական կայունության և կառուցված միջավայրերի մասին: Նախքան ՀԱՀ-ում աշխատելը՝ նա Մայքլ Պորտերի՝ ICIC նախաձեռնության նախագահի՝ հետազոտությունների գծով ավագ տեղակալն էր: Նա խորհրդատվություն է տրամադրում Համաշխարհային բանկին, ՄԱԶԾ-ին և Բրուքինգս ինստիտուտին էներգաարդյունավետության, ինչպես նաև տնտեսական և քաղաքային ընդլայնման խնդիրների վերաբերյալ: Ունի մագիստրոսի աստիճան Մասաչուսեթսի տեխնոլոգիաների ինստիտուտի քաղաքային ուսումնասիրությունների և պլանավորման ֆակուլտետից:

Տիգրան Սեկոյան

Տիգրան Սեկոյանն ունի ավելի քան 30 տարվա աշխատանքային փորձ՝ որպես ճարտարագետ և կառավարիչ՝ ջերմային էներգիայի արտադրության, բնական գազի տեղափոխման և բաշխման, ինչպես նաև էներգաարդյունավետության բնագավառներում: Նրա փորձն ընդարձակ է և՛ պետական կառույցներում, և՛ մասնավոր հաստատություններում, և՛ մասնավոր հաստատություններում: Նա փորձագետ է «Շենքերի էներգետիկ արդյունավետության բարձրացում», «Քաղաքային կանաչ լուսավորություն» և «Երկամյա առաջընթացի զեկույց» ՄԱԶԾ-ԳԷՖ ծրագրերի, ինչպես նաև անդամ է «Էներգետիկա» ՀՀ ստանդարտացման տեխնիկական հանձնաժողովի: Պրն.Սեկոյանն աշխատել է որպես Համաշխարհային բանկի, Հայաստանի էներգաինսայդության և վերականգնվող էներգետիկայի հիմնադրամի գլխավոր փորձագետ, «ՀայՌուսգազարդ» ՓԲԸ ինժեներական կենտրոնի գլխավոր ինժեներ, «Հայգազարդ» ՓԲԸ գլխավոր տնօրենի տեղակալ, «Եվրոթերմ» ՓԲԸ գործադիր տնօրեն, ինչպես նաև ՀՀ էներգետիկայի և բնական պաշարների նախարարության «Ջերմային ցանցեր» ՊԶ տնօրեն: Նա խորհրդատվություն է տրամադրել COWI և AEAI

Ruben Hambardzumyan

Dr. Ruben Hambardzumyan serves as Assistant Professor and Researcher at the National University of Architecture and Construction of Armenia (NUACA). He has worked on the design and construction of energy-efficient residential and commercial buildings. His interests include building insulation, renewable energy, energy-efficient materials, structural strength, and architectural design. Hambardzumyan holds a PhD from NUACA. He is currently conducting research on the development of new types of thermal insulation materials.

Artak Hambarian

Dr. Artak Hambarian is the Associate Director of the Engineering Research Center and is an Assistant Professor at the AUA's College of Science and Engineering. His background is in semiconductor technology and industrial engineering. He has supervised a number of international research projects related to alternative energy and the design of test equipment for the semiconductor industry. His interests include product lifecycles, heuristic scheduling, renewable energy (industrial engineering), solar heat and photovoltaic applications, energy policy (renewable energy), and semiconductor technology (in particular the interaction of laser radiation with semiconductor surfaces both for testing and the modification of characteristics). He holds Master's degrees from the Yerevan State University's Department of Radio Physics and AUA in Industrial Engineering, and a PhD from the Department of Electrical Engineering of the State Engineering University of Armenia.



մասնագիտական հետաքրքրություններն զրկում են արտադրանքի կենսափուլ, էվրիստիկ պլանավորում, վերականգնվող էներգիա (արտադրական ճարտարագիտության մասով), արևի ջերմության և ֆոտովոլտայիկ եղանակների կիրառում, էներգետիկայի ոլորտում քաղաքականություններ (վերականգնվող էներգիայի մասով), ինչպես նաև կիսահաղորդչային տեխնոլոգիաների բնագավառում որոշ թեմաներ, օրինակ՝ ինչպես փորձարկման, այդպես էլ հատկությունների փոփոխման համար լազերային ճառագայթման փոխգործողությունը կիսահաղորդչային մակերևույթների հետ: Պրն. Համբարյանն ունի մագիստրոսի աստիճաններ Երևանի պետական համալսարանի ռադիոֆիզիկայի ֆակուլտետից և ՀԱՀ արտադրական ճարտարագիտության ֆակուլտետից, ինչպես նաև թեկնածուի գիտական աստիճան Հայաստանի պետական ճարտարագիտական համալսարանի էլեկտրատեխնիկական ֆակուլտետից:

ճարտարագիտական խորհրդատվական ընկերություններին և Կովկասում Բնապահպանության տարածաշրջանային կենտրոնին՝ ծրագրերի ռազմավարության կառուցման, գործարար զարգացման, ինչպես նաև ռեսուրսաարդյունավետ և առավել մաքուր արտադրության ինդիքների վերաբերյալ: Ավարտել է Երևանի պետական ճարտարագիտական համալսարանի (Պոլիտեխնիկ) էներգետիկայի ֆակուլտետը:

Ռուբեն Համբարձումյան

Ռուբեն Համբարձումյանը դասախոս է ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարանում (ՃՀՀԱՀ): Ունի բնակելի և հասարակական էներգաարդյունավետ շենքերի նախագծման և կառուցման փորձ: Նրա մասնագիտական հետաքրքրությունները կապված են շենքերի ջերմամեկուսացման, վերականգնվող էներգետիկայի, էներգաարդյունավետ նյութերի, շենքերի և կառույցների ամրության, ճարտարապետական նախագծման հետ: Պրն Համբարձումյանը տեխնիկական գիտությունների թեկնածու է՝ շնորհված ՃՀՀԱՀ-ի կողմից: Ներկայումս նա հետազոտում և մշակում է նոր տիպի էներգաարդյունավետ ջերմամեկուսիչ նյութեր:

Արտակ Համբարյան

Արտակ Համբարյանն աշխատում է ՀԱՀ-ում՝ որպես ճարտարագիտական հետազոտությունների կենտրոնի փոխտնօրեն և բնագիտության և ճարտարագիտության ֆակուլտետի դասախոս: Կիսահաղորդչային տեխնոլոգիաների և արտադրական ճարտարագիտության մասնագետ է: Նա վերահսկել է մի շարք միջազգային հետազոտական նախագծեր այլընտրանքային էներգետիկայի ոլորտում և կիսահաղորդչային արդյունաբերության համար փորձարկման սարքավորումների նախագծման բնագավառում: Նրա

Acknowledgements

The authors extend their deep gratitude to UNDP for its consistent support for the idea of incorporating energy performance-related texts into the curricula of Armenian higher education institutions and for sponsorship of the development of this textbook, as well as to many individuals without whose contribution the publication of this textbook would not have been possible.

From the United Nations Development Programme (UNDP) in Armenia, invaluable contributions came from Diana Harutunyan, Vahram Jalalyan and Arsen Karapetyan, who offered their continuous insights, encouragement, and guidance. Their comments and criticisms of the drafts of the textbook greatly improved the final product. Tigran Sekoyan and Marianna Arzangulyan occupied the unenviable position of coordinating between the authors, who wrote in English, and the translators into Armenian, managing various iterations and revisions as well as making their own useful suggestions. This was a truly heroic undertaking, which they accomplished with wit and superb quality.

The textbook translators, Robert Khazyan and Grigor Igityan, the editor of the Armenian version, literature expert Arqmenik Nikoghosyan, and editor of the English version, Stuart Moir, also need to be thanked again and again. Many of the terms used in the field of environmental science, green architecture, and green urbanism have not yet been formed or fixed in Armenian. Naturally, this posed monumental challenges for those trying to translate the textbook into Armenian, particularly when it was intended to be accessible to students and teachers alike. Our translators took on this challenge with courage and determination.

The layout of the textbook also posed special challenges, as the two languages were arranged side by side. Edvard Martirosyan, the layout designer, applied his considerable skills most successfully. The

Երախտիքի խոսք

Չեղինակները իրենց խորին երախտագիտությունն են հայտնում Հայաստանի բարձրագույն ուսումնական հաստատությունների ուսումնական ծրագրերում էներգաարդյունավետության վերաբերյալ ուսումնական նյութերի ներառման գաղափարին ցուցաբերած՝ Միավորված Ազգերի Չարգացման ծրագրի (ՄԱՉԾ) հետևողական աջակցության, մասնավորապես՝ սույն դասագրքի մշակման հովանավորության համար, ինչպես նաև բազմաթիվ անձանց, առանց որոնց ներդրումների սույն դասագրքի հրատարակումը հնարավոր չէր լինի:

Անգնահատելի ներդրումներ են կատարել ՄԱՉԾ-ի հայաստանյան գրասենյակից Դիանա Հարությունյանը, Վահրամ Ջալալյանը և Արսեն Կարապետյանը, ովքեր շարունակաբար աջակցում էին՝ իրենց ըմբռնումով, խրախուսմամբ և ուղղորդումով: Նրանց մեկնաբանություններն ու քննադատությունները դասագրքի նախագծի վերաբերյալ մեծապես բարելավել են վերջնական արդյունքը: Տիգրան Սեկոյանը և Մարիաննա Արզանգուլյանը կատարում էին աննախանձելի դեր՝ համակարգում անգլերեն գրող հեղինակների և հայերեն թագմանիչների աշխատանքը, դասագրքի նախագծի բազմատեսակ խտրացիաներով և դրա վերանայումների բազմաթիվ տարբերակներով, ինչպես նաև հանդես գալիս օգտակար առաջարկություններով: Սա իսկապես հերոսական նախաձեռնություն էր, որը նրանք կատարել են ջանասիրությամբ ու հոյակապ որակով:

Դասագրքի թարգմանիչներ Ռոբերտ Խաչյանին և Գրիգոր Իգիթյանին, ինչպես նաև հայերեն տեքստի խմբագիր, գրականագետ Արքմենիկ Նիկողոսյանին և անգլերեն տեքստի խմբագիր Ստյուարտ Մուարին հեղինակները հայտնում են իրենց երախտագրությունը՝ նորից ու կրկին: Բնապահպանական գիտության, կանաչ ճարտարապետության և կանաչ քաղաքաշինության ոլորտում օգտագործվող շատ տերմիններ հայերենում դեռ չեն ձևավորվել, դրանց կիրառումը մասնագիտական միջավայրում դեռ չի ամրապնդվել: Այսպիսով, ինչպես կարելի է պատկերացնել, ծառանում են ահռելի մարտահրավերներ հայերեն

final product is pedagogically useful and reader friendly.

The cover design was selected as a result of a design competition. Narek Torosian presented the winning entry. His design best captured the essence of the book, while simultaneously making it visually appealing, recognizable, and informative. The team highly appreciated his professionalism, clarity of vision, and flexibility.

Finally, words of thanks need to be offered to the National University of Architecture and Construction of Armenia (formerly the Yerevan State University of Architecture and Construction) for its commitment to incorporate the content of this textbook into its curriculum. Additionally, the American University of Armenia needs to be thanked for pioneering the teaching of this subject to its engineering students in Armenia.



Վերջապես, շնորհակալական խոսք ենք ուղղում Ճարտարապետության և շինարարության Հայաստանի ազգային համալսարանին (Նախկինում՝ Երևանի ճարտարապետության և շինարարության պետական համալսարան) դասագրքի բովանդակությունն ուսումնական իր ծրագրերում ներառելու պարտավորությունը ստանձնելու համար: Բացի այդ, շնորհակալություն ենք հայտնում Հայաստանի ամերիկյան համալսարանին՝ ճարտարագետ ուսանողներին այս թեմաներով Հայաստանում ուսուցանելու նախադեպ ստեղծելու համար:

Թարգմանությունը նախաձեռնածների համար, մասնավորապես, եթե նպատակ է հետապնդվում դասագիրքը հասանելի դարձնել ոչ միայն պրոֆեսորադասախոսական կազմի, այլև ուսանողների համար: Մեր թարգմանիչներն ընդունել են այս մարտահրավերը քաջությամբ և վճռականությամբ:

Դասագրքի նյութի դասավորությունը նույնպես առաջացրել է յուրահատուկ մարտահրավերներ, քանի որ երկու լեզուներով տեքստերը կողք կողքի էին տեղավորած: Դասագրքի ձևավորող Էդվարդ Մարտիրոսյանը ցուցաբերել է իր վարպետությունը մեծ հաջողությամբ: Վերջնական արդյունքը մանկավարժական տեսանկյունից օգտակար և ընթերցողին հարմար է:

Դասագրքի շապիկի ձևավորումն ընտրվել է մրցութային կարգով: Շահել է Նարեկ Թորոսյանի ներկայացրած տարբերակը: Նրա ձևավորումն առավելապես դիպուկ է գրքի էությունն ըմբռնելու տեսանկյունից, ընդ որում՝ տեսքով գրավիչ, ճանաչելի և տեղեկություն հասցնող: Թիմը բարձր է գնահատել նրա պրոֆեսիոնալիզմը, տեսլականի հստակությունը և ճկունությունը:

Contents

Բովանդակություն

Module 1: SOURCES AND USES OF ENERGY IN THE BUILT ENVIRONMENT	11	Մոդուլ 1. Էներգիայի աղբյուրները եւ օգտագործումը սարքածին միջավայրում
Module 2: THE BUILT ENVIRONMENT AND ITS IMPACTS ON THE NATURAL ENVIRONMENT: GLOBAL OVERVIEW	45	Մոդուլ 2. Մարդածին միջավայրը եւ դրա ազդեցությունը բնական միջավայրի վրա. գլոբալ սկզբնական
Module 3: DESIGN, POLICY, AND REGULATORY SOLUTIONS TO CLEAN ENERGY, ENERGY EFFICIENCY, AND THE “GREEN” BUILT ENVIRONMENT	73	Մոդուլ 3. Մաքուր էներգիայի էներգետիկ արդյունավետությունները եւ «կանաչ» սարքածին միջավայրի նախագծումը, թարթույթները եւ կարգավորող լուծումները
Module 4: ENERGY EFFICIENCY IN BUILDINGS: PASSIVE SOLUTIONS	111	Մոդուլ 4. Շենքերի էներգամարդյունավետությունը. Պասիվ լուծումներ
Module 5: ENERGY EFFICIENCY IN BUILDINGS: BUILDING ENVELOPE	143	Մոդուլ 5. Շենքերում էներգիայի հնամարդությունը. Արժանի Պասոճ Կոնստրուկցիաներ
Module 6: BUILDING INTEGRATED RENEWABLE ENERGY	187	Մոդուլ 6. Շենքին հնժեգրված վերականգնող էներգիա
Module 7: ENERGY STORAGE FOR ENERGY SAVINGS AND RENEWABLE INTEGRATION	239	Մոդուլ 7. Էներգիայի կուսակումը՝ էներգահնամարդությունը եւ վերականգնող էներգիայի հնժեգրման նպաստը
Module 8: INTEGRATED BUILDING DESIGN APPROACH (IBDA)	273	Մոդուլ 8. Շենքերի հնժեգրված նախագծման մոտեցում (ՇԻՆՄ)
Module 9: BUILDING ENERGY AUDIT AND CERTIFICATION	301	Մոդուլ 9. Շենքերի էներգետիկ անդրահաշիվ եւ սերտիֆիկացում
Module 10: BASICS OF FINANCIAL ANALYSIS FOR ARCHITECTS, URBAN PLANNERS AND ENGINEERS	359	Մոդուլ 10. Ֆինանսական վերլուծությունը ճարտարապետների, քաղաքաշինարարների եւ ճարտարագետների համար