

Mednarodni posvet 2012

**ENERGETSKA UČINKOVITOST
V ARHITEKTURI IN GRADBENIŠTVU
NOVE PRILOŽNOSTI ZA SLOVENIJO**

Uredniki Posveta

**Vesna Žegarac Leskovar
Miroslav Premrov
Stipan Mudražija**



Univerza v Mariboru

Fakulteta za gradbeništvo



Mednarodni posvet 2012

**ENERGETSKA UČINKOVITOST
V ARHITEKTURI IN GRADBENIŠTVU
NOVE PRILOŽNOSTI ZA SLOVENIJO**

Georg W. Reinberg

Gerhard Moritz

Gerhard Kopeinig

Manja Kitek Kuzman

Matija Bevk

Vasa J. Perović

Martha Enriquez Reinberg

Boštjan Ber

Tina Špegelj

ENERGETSKA UČINKOVITOST V ARHITEKTURI IN GRADBENIŠTVU

NOVE PRLOŽNOSTI ZA SLOVENIJO

Urednik	doc.dr. Vesna Žegarac Leskovar, univ.dipl.inž.arh., UM FG
	red.prof.dr. Miroslav Premrov, univ.dipl.inž.grad., dekan UM FG
	pred.Stipan Mudražija, univ.dipl.inž.grad., DGIT MB
Oblikovanje	Anja Patekar , dr. Marko Samec, univ.dipl.inž.grad.
Izdala in založila	Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo
Tisk in dodelava	Design Studio d.o.o.
Prispevki	So neposredno delo avtorjev, zato zanje prevzemajo odgovornost
Naklada	149
Leto izdaje	2012
CIP	CIP - Kataložni zapis o publikaciji Univerzitetna knjižnica Maribor 699.86(082) MEDNARODNI posvet Energetska učinkovitost v arhitekturi in gradbeništvu (3 ; 2012 ; Maribor) Nove priložnosti za Slovenijo : zbornik tretjega mednarodnega posveta Energetska učinkovitost v arhitekturi in gradbeništvu, oktober 2012 / [urednik Vesna Žegarac Leskovar, Miroslav Premrov, Stipan Mudražija]. - V Mariboru: Fakulteta za gradbeništvo, 2012 ISBN 978-961-248-358-6 1. Gl. stv. nasl. 2. Žegarac Leskovar, Vesna COBISS.SI-ID 71492097

VSEBINA

Program posveta	6
Nagovor dekana prof.dr. Miroslav Premrov, dekan UM FG	7
Nagovor predsednika DGIT Stipan Mudražija, DGIT MB	11
Nagovor urednice doc.dr. Vesna Žegarac Leskovar, UM FG	15
Trajnostne stavbe: arhitektura novih rešitev Sustainable Building: a new architecture for new solutions Georg W. Reinberg, Avstrija	19
Izobraževanje in energijska učinkovitost - tema prihodnosti Education and energy efficiency - the topic for the future Gerhard Moritz, Gerhard Kopeinig, Avstrija	39
Gradnja večnadstropnih lesenih objektov doc. dr. Manja Kitek Kuzman, Slovenija	47
Nekaj projektov Matija Bevk, mag. Vasa J. Perović, Slovenija	57
Projekt ničenergijske stavbe v Estoniji A project in Estonia - Zero Energy Building Martha Enriquez-Reinberg, Avstrija	61
Inovativna aplikacija stekla v okvirnih lesenih stenskih elementih Boštjan Ber, Slovenija	69
Energijska sanacija obstoječe večstanovanjske stavbe Tina Špegelj, Slovenija	85

MEDNARODNI POSVET 2012

ENERGETSKA UČINKOVITOST V ARHITEKTURI IN GRADBENIŠTVU NOVE PRILOŽNOSTI ZA SLOVENIJO

8.30 - 9.00	Registracija udeležencev
9.00 - 9.30	Otvoritev in uvodni nagovor Prof.dr. Miroslav Premrov, dekan Fakultete za gradbeništvo UM Stipan Mudražija, predsednik DGIT Maribor Doc.dr. Vesna Žegarac Leskovar, Fakulteta za gradbeništvo UM
9.30 - 10.30	Trajnostne stavbe: arhitektura novih rešitev Sustainable Building: a new architecture for new solutions Architect Georg W. Reinberg Architekturbüro Reinberg ZTGesmbH, Avstrija
10.30 - 11.00	Izobraževanje in energijska učinkovitost - tema prihodnosti Education and energy efficiency - the topic for the future Gerhard Moritz, Energiebewusst Kärnten Gerhard Kopeinig, Arch+more, Avstrija
11.00 - 11.30	Gradnja večnadstropnih lesenih objektov Doc. dr. Manja Kitek Kuzman Biotehniška fakulteta UL, Slovenija
11.30 - 12.00	ODMOR
12.00 - 12.45	Nekaj projektov Matija Bevk, mag. Vasa J.Perović Bevk Perović arhitekti, Slovenija
12.45 - 13.15	Projekt ničenergijske stavbe v Estoniji A project in Estonia - Zero Energy Building Martha Enriquez Reinberg, lic.arch. Architekturbüro Reinberg ZTGesmbH, Avstrija
13.15 - 13.45	Inovativna aplikacija stekla v okvirnih lesenih stenskih elementih Boštjan Ber, Kager hiša, Slovenija
13.45 - 14.15	DISKUSIJA

četrtek, 18.10.2012
Dvorana Boruta Pečenka
Fakulteta za gradbeništvo
Univerza v Mariboru

NAGOVOR DEKANA

FAKULTETE ZA GRADBENIŠTVO UM

Miroslav Premrov



MARIBOR, 2012
NAGOVOR DEKANA | red.prof. dr. **MIROSLAV PREMROV**,
univ.dipl.inž.grad., dekan UM FG

Spoštovani udeleženci,

na Fakulteti za gradbeništvo Univerze v Mariboru (UM FG) že tretjo leto zapored skupaj z Društvom gradbenih inženirjev in tehnikov Maribor organiziramo mednarodni posvet »Energetska učinkovitost v arhitekturi in gradbeništvu«. V kriznih časih pojava okoljske in ekonomske problematike in ob dejstvu, da za ogrevanje stavb še zmeraj porabljamo velike količine primarne energije, predstavlja enega pomembnejših ciljev gradbenega sektorja prav učinkovita raba energije, kakor tudi z njo povezano zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov. Učinkovita raba energije predstavlja enega pomembnih vidikov trajnostnega razvoja, ki ga v svoje osnovno poslanstvo vključuje tudi Univerza v Mariboru, na kateri sta v letu 2012 pričela delovati komisija in svet za trajnostno in družbeno odgovorno univerzo. Prioritetna aktivnost komisije in sveta je ozaveščanje študentov, profesorjev in drugih zaposlenih o trajnostnem razvoju in družbeno odgovornem ravnjanju.

Posvet, organiziran že tretjič po vrsti, tako postaja tradicionalen. V teh kriznih časih, ki so še prav posebno prizadeli slovensko gradbeno stroko, smo sprva resno razmišljali, ali letošnji posvet sploh organizirati. A nenazadnje smo se odločili, zakaj se ne s krizo raje soočiti, zakaj ne govoriti o njej, zakaj ne iskati novih priložnosti za slovensko gradbeništvo. In snovanje energijsko učinkovitih objektov, mogoče tudi na malo drugačen in naprednejši način, kot to suhoporno predpisujejo standardi, ter sanacije energijsko potratnih stanovanjskih in javnih objektov na različne načine, prav gotovo so takšne priložnosti. To nas je usmerilo k letošnji tematiki - »Nove priložnosti in izzivi za Slovenijo«.

Ob koncu bi želel izreči še iskreno zahvalo vsem sponzorjem, ki so organizacijo posveta s svojo finančno podporo sploh omogočili, ter seveda tudi vsem predavateljem, ki smo jih načrtno izbrali po obravnavanih tematskih sklopih letošnjega posveta.



red.prof.dr. Miroslav Premrov
dekan UM FG

NAGOVOR PREDSEDNIKA

DRUŠTVA GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV MB

Stipan Mudražija



MARIBOR, 2012
NAGOVOR PREDSEDNIKA
DGIT MB **STIPAN MUDRAŽJA**, univ.dipl.inž.grad.,
predsednik DGIT MB

Spoštovane udeleženke in udeleženci današnjega posveta, cenjeni gostje, spoštovani predavatelji in vsa zainteresirana javnost!

Veseli me, da vas lahko v imenu Društva gradbenih inženirjev in tehnikov Maribor pozdravim v prostorih, kjer tradicionalno vsako leto organiziramo simpozije z mednarodno udeležbo.

Gradbeništvo (oz. vsi deležniki v procesu graditve) vse bolj potrebuje enostavne, uporabniku prijazne metode, saj jih sicer gradbena praksa ne bo mogla dolgoročno uporabljati. V ospredje prihaja vse bolj pomen gradbene praktičnosti. V tem smislu postajajo kvantitativne metode vse bolj teoretičnega in znanstvenega pomena, medtem ko kvalitativne metode pridobivajo vse večjo uporabno vrednost in se uveljavljajo tudi v praksi.

Trajnostna gradnja oziroma z njo povezana energijska učinkovitost postajata ključnega pomena za nadaljnji razvoj gradbeništva. Stavbe bližnje prihodnosti bodo po vseh predvidevanjih skoraj ničenergijske. To pomeni, da bo njihovo upravljanje možno le s skrajno premišljeno porabo energije, del pa je bodo tudi same proizvedle iz obnovljivih virov. Gradnja trajnostnih objektov in razvoj okolju prijaznih gradbenih materialov ter opreme predstavljajo za celotno gradbeništvo velik izviv, ki posledično ponuja številne nove priložnosti za celotno slovensko gradbeno stroko ter industrijo gradbenih materialov. Gradbeni strokovnjaki, v večini primerov tudi naši člani, ki so zaposleni bodisi v podjetjih, ali kot samostojni podjetniki, se bodo morali prilagoditi temu pomembnemu svetovnemu trendu. Prilagoditev bo nujna, če bodo želeli načrtovati, prodajati ali graditi tako doma kot tudi v tujini. S tem pa je povezanih veliko novih znanj in storitev, ki so potrebna za izpolnjevanje trajnostnih kriterijev. Zaradi omenjenih značilnosti predstavlja ta simpozij izjemno priložnost za vse tiste, ki se želijo seznaniti z najsodobnejšimi znanji in trendi na področju gradbenega inženirstva in arhitekture.

Društvo gradbenih inženirjev in tehnikov Maribor se bo v sodelovanju s fakulteto za gradbeništvo, Univerze v Mariboru drugimi znanstvenimi institucijami po vsej državi še naprej z vso resnostjo vključevalo v razpravo o razvojnih vprašanjih. To želimo doseči predvsem s posveti in simpoziji kot je današnji, prvenstveno v dialogu s civilno družbo in strokovno javnostjo.

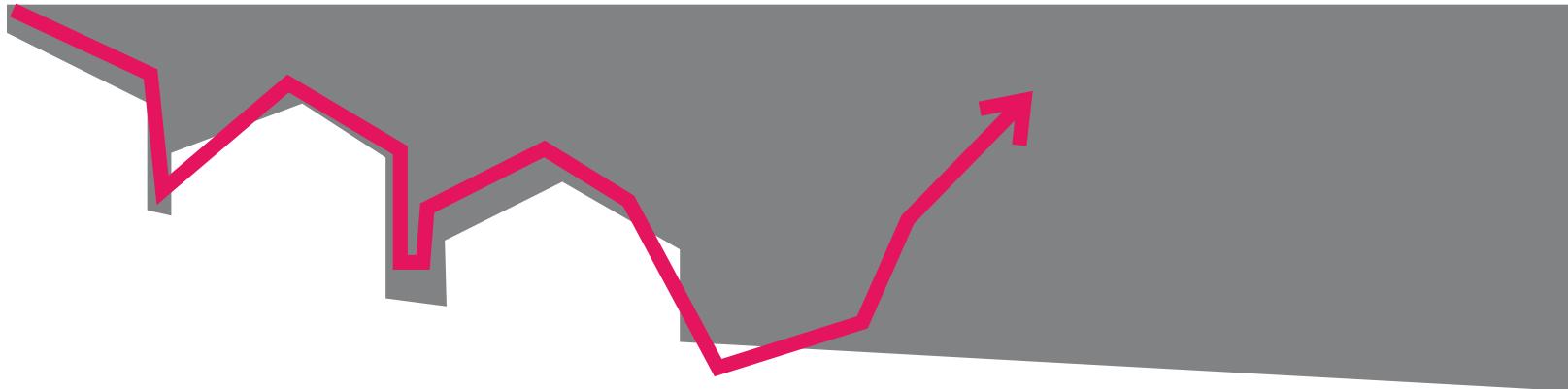
Naj vam na koncu le še zaželim uspešno strokovno delo in prijetno druženje.



Predsednik DGIT Maribor
Stipan Mudražja, univ.dipl.inž.grad.

NAGOVOR UREDNICE

Vesna Žegarac Leskovar



Spoštovani slušatelji, spoštovani bralci

Ideje so prisotne povsod, tukaj in sedaj, v času razcveta in v času, ko nam ekomska kriza navidezno narekuje neko drugačno, bolj racionalno ravnanje. Prav v takšnih trenutkih pa ideje dobijo priložnost, saj se le najboljše in najbolj prodorne izkažejo v realizaciji uspešnih projektov, ki dokazujejo, kako je možno vsako situacijo izkoristiti za razvoj in napredok.

Izvirnost in vizijo, dve pomembni vrednosti tehničnih znanosti in strok, pa zrcalijo tudi dela in projekti, ki se predstavljajo na 3. mednarodnem posvetu o energijski učinkovitosti v arhitekturi in gradbeništvu. V ta namen smo povabili tudi priznane domače in tujje strokovnjake iz področja arhitekture in gradbeništva, da nam predstavijo svoja videnja, izvedene objekte, kako so se obnesli, kako jih je sprejela družba.

V uvodnem predavanju nove arhitekturne pristope k novim rešitvam na področju načrtovanja trajnostnih stavb predstavlja dunajski arhitekt Prof. Mag. Georg W. Reinberg. Novitete na področju arhitekture javnih stavb, predvsem šol in vrtcev predstavljata v nadaljevanju Gerhard Moritz in Gerhard Kopeinig, ki prav tako prihajata iz sosednje Avstrije. Celoten pregled izvedenih večnadstropnih lesensih objektov podaja arhitektka in docentka na Biotehniški fakulteti Univerze v Ljubljani dr. Manja Kitek Kuzman. Predavanja se stopnjujejo s predstavitvijo aktualnih projektov enega najuspešnejših slovenskih arhitekturnih dvojcev Matije Bevka in Vase J. Perovića. Zelo zanimivo je tudi dejstvo, da lahko tudi v hladni klimi gradimo stavbe z ničenergijskim izkazom, kar nam skozi detailni pregled projekta v Estoniji predstavlja arhitektka Marta Enriquez Reinberg.

In kako mladi, nadobudni gradbeni strokovnjaki vidijo izhod iz krize? Kako razmišljajo? Svoja videnja, kako iz krize na področju gradbeništva, kaj so priložnosti, kot jih vidijo mladi, bo zato predstavil tudi naš podiplomski študent Boštjan Ber.

Vsekakor lahko na podlagi kvalitetne zasedbe predavateljev gostimo še en izredno zanimiv strokovni dogodek, katerega namen je osveščanje o pomenu dobre in inovativne ideje.

doc.dr. Vesna Žegarac Leskovar



doc.dr. Vesna Žegarac Leskovar

SUSTAINABLE BUILDING:
A NEW ARCHITECTURE
FOR NEW SOLUTIONS

Georg W. Reinberg



MARIBOR, 2012
**SUSTAINABLE BUILDING: A NEW ARCHITECTURE
FOR NEW SOLUTIONS**

Trajnostne stavbe: arhitektura novih rešitev

GEORG W. REINBERG

Architect Georg W. Reinberg,
Architekturbüro Reinberg ZTGesmbH
Lindengasse 39/10, 1070 Vienna
reinberg@reinberg.net

Abstract

The article shows: If we want to build in a more sustainable way, we cannot do it within the traditional way of architecture. We have to find new solutions as well in our techniques as in our architecture. How architect Reinberg is working for this new architecture will be shown in this lecture.

1. INTRODUCTION

Ecology is an exciting issue, but what is much more exciting and interests me is: what does the corresponding architecture look like? I want to talk about architecture, namely architecture that is contemporary and modern, I want to talk "about architecture" and would like to cordially welcome you. I have worked on "architecture" for 20 years now and I am pleased to be able to show you my work here in Maribor and discuss it with you.

What architecture do I mean?

I think that the architect should study the present, cutting edge technology, social developments and the economy as well as people's current problems, fears and hopes and answer these issues in very broad fields at an artistic level with his architecture. At an artistic level because the complexity of construction and architecture at a purely analytical, scientific level doesn't lead to any real results. I see architecture as a very important means of communication and architecture should talk about our culture, our society, our problems, our technical developments, our relationship to our past and our perspectives for the future.

And I note – this has to do with interest in ecology – we have enormous technical developments at our disposal. We are faced with huge challenges in terms of our planet's survival. An incredible number of the earth's inhabitants (over 6 billion) deserve a worthy life, which leads to far-reaching social upheavals (just think of the global urbanization), and that the recognition of the limitations on our resources also creates a new world image. These are all very important turning points. Turning points which, in my opinion, an attentive architect cannot face with ignorance. Architecture is not an autonomous discipline, which only concerns itself with its own autistic language; no architecture, good architecture answers current questions, it provokes, faces the social debate and develops from it. I think many upheavals at many levels, whether social, political, economic or technical, are taking place or should take place. And my view of architectural history shows me that important architectural movements have always emerged when architects have reacted sensitively to these upheavals. The "Modernism" of the post-WWI era is an example of this.

Therefor I ask: what is the corresponding architecture today?

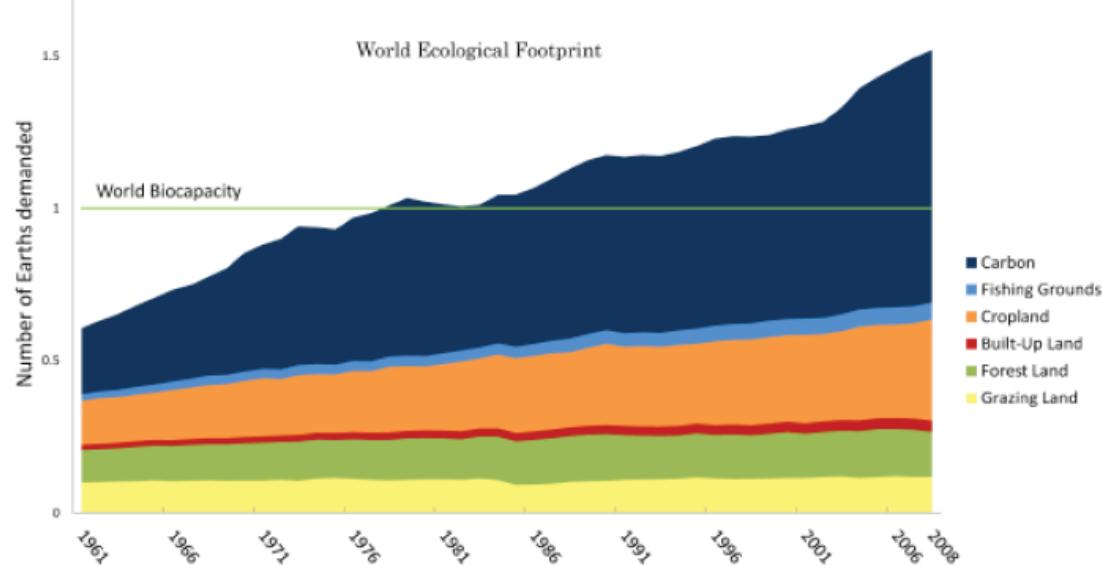
Probably it is an architecture that is capable of sustainable construction, and is autonomous to a great extent. It offers housing without harming the environment and allows for urban planning that will provide worthy housing for 6 billion people and more. It is architecture that ultimately tells of its new capabilities and creates hope for the future. These are tasks a technician alone cannot address: they are an architect's job.

2. PRESENTATION

"Sustainable Building: a new architecture for new solutions"

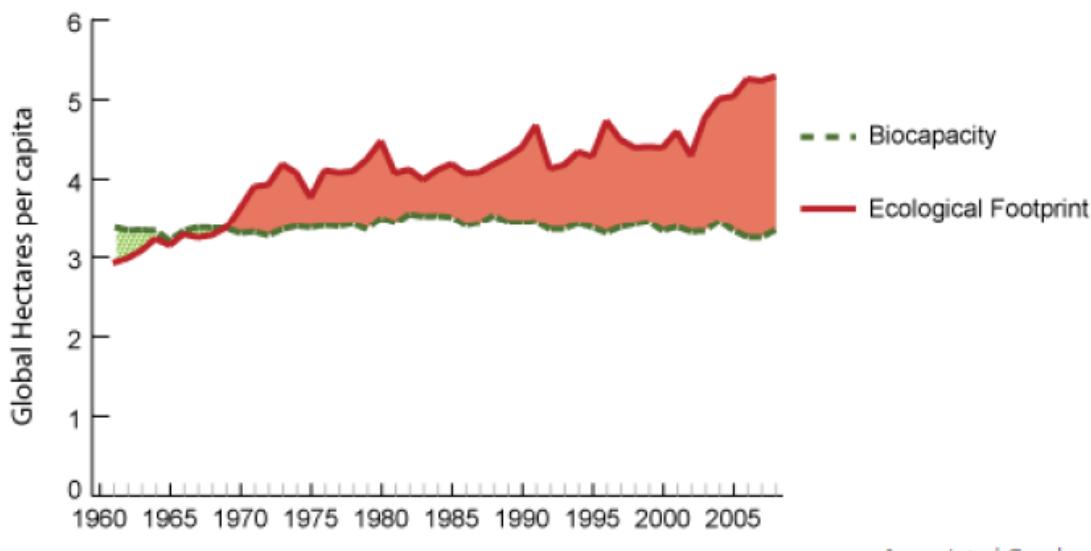
- Architecture within the framework of today
- A short History of Reinberg's Solar Architecture
- Some topics for the future:
 - Energy productive Houses
 - Building materials, building process and live cicle cost
 - Renovation
 - Urban Design
 - Non residential Buildings
 - New Solar Architecture and it's new potentials
 - extreme climates: hot and cold
- Questions and discussion

NATIONAL FOOTPRINT ACCOUNTS 2011 DOCUMENT



http://www.footprintnetwork.org/images/uploads/National_Footprint_Accounts_2011_Document.pdf

Austria



Associated Graph

Figure 1 tracks the per-person resource demand (Ecological Footprint) and resource supply (Biocapacity) in Austria since 1961. Biocapacity varies each year with ecosystem management, agricultural practices (such as fertilizer use and irrigation), ecosystem degradation, and weather.

<http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/page/trends/austria/>

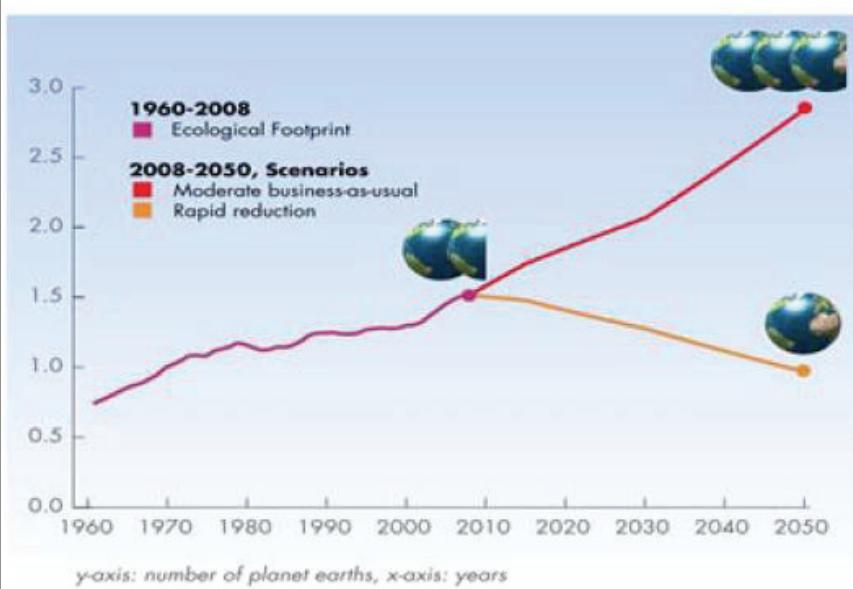
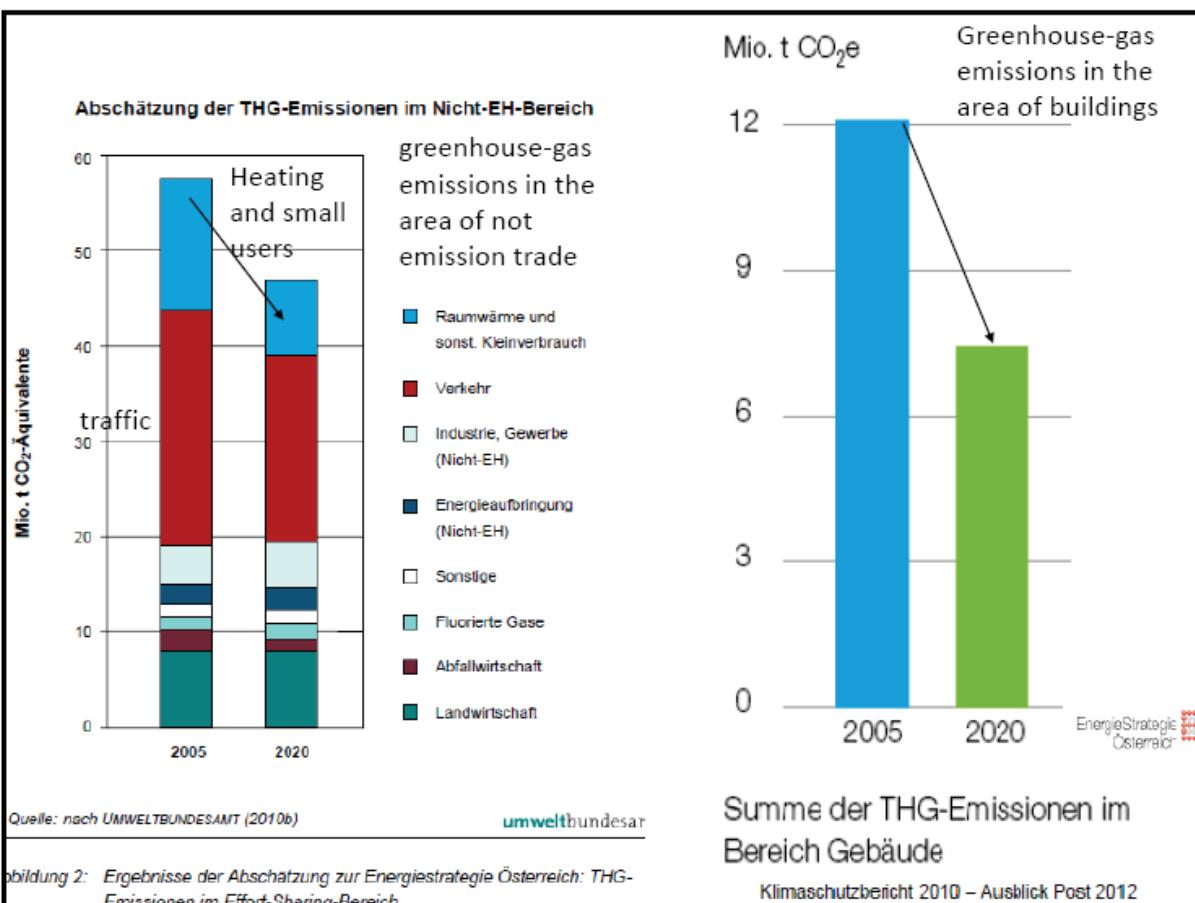
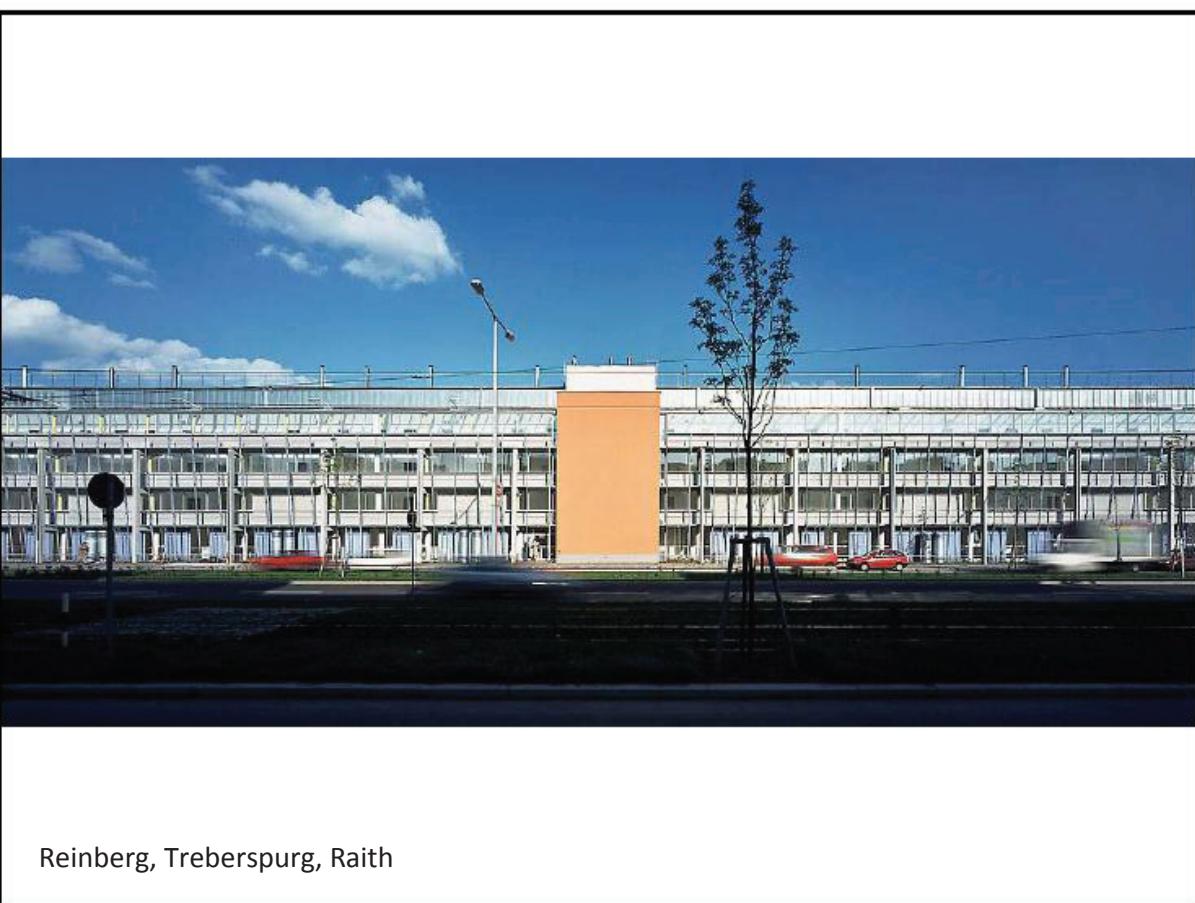


Figure 1: Pathways into the future. How long can ecological overshoot be sustained? What are the cost and benefit of each path? Using more than Earth can renew is only possible temporarily – while there are sufficient assets to be liquidated and waste sinks to be filled up. Eventually, overshoot will be eliminated – the question is whether it is eliminated by design or by disaster.

<http://www.footprintnetwork.org/en/index.php/GFN/blog/>





Reinberg, Treberspurg, Raith









How to build a Solar Active House?

1) Conserving Energy by

- Energy conservation by high insulation of opaque building parts
- Energy conservation by high quality windows
- Energy conservation by carefully designed details and air tight construction
- Energy conservation by controlled air exchange and heat recovery
- Energy saving domestic appliance

→ Passive House

How to build a Solar Active House?

2) Use the local resources to serving the house :

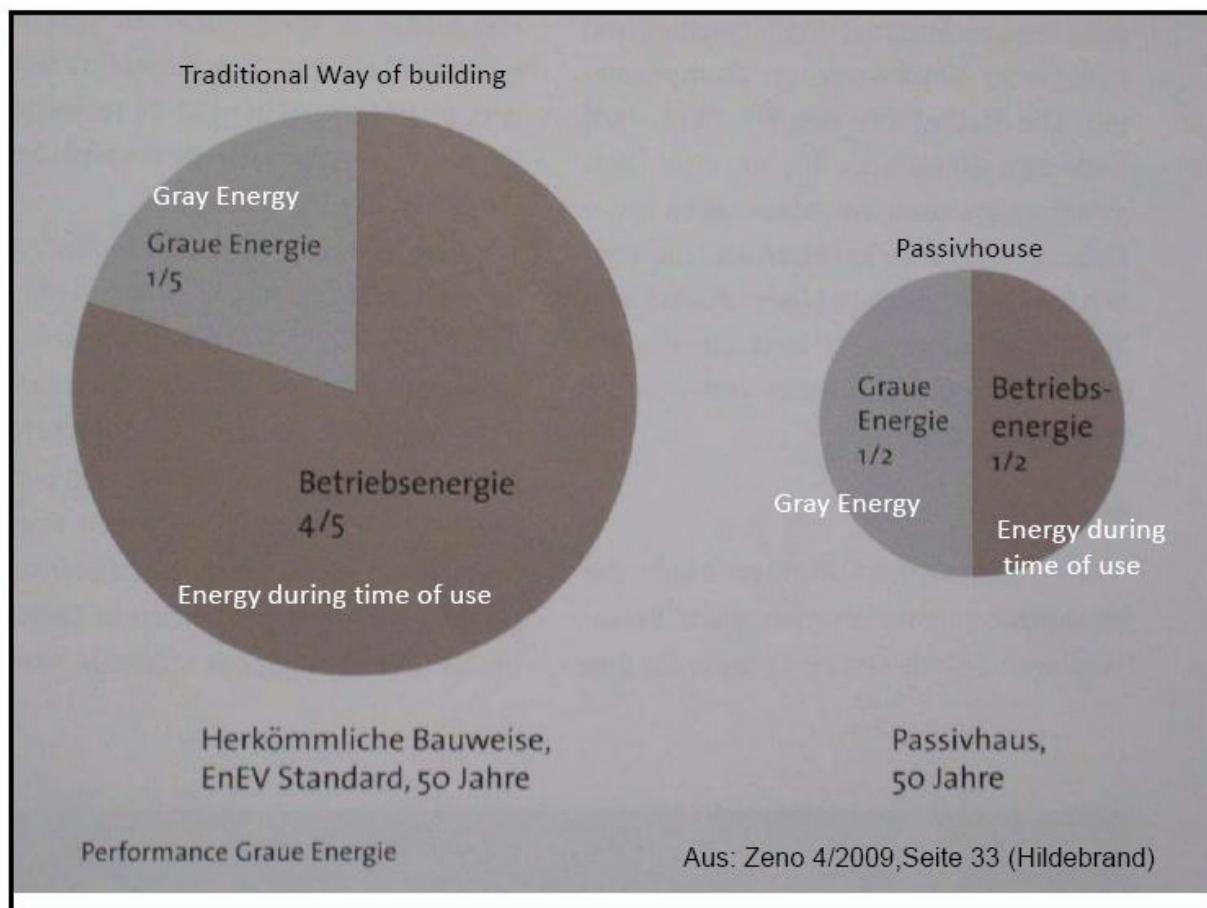
- Passive Solar Use
- Active Thermal Solar Use
- Active Photovoltaic Solar Use
- Passive Cooling in Summer
- Ressources of the earth, the water, the wind and so on
- Optimize with Heat Pump

→ Solar Active House

How to build a Solar Active House?

3) Higher Living Quality by:

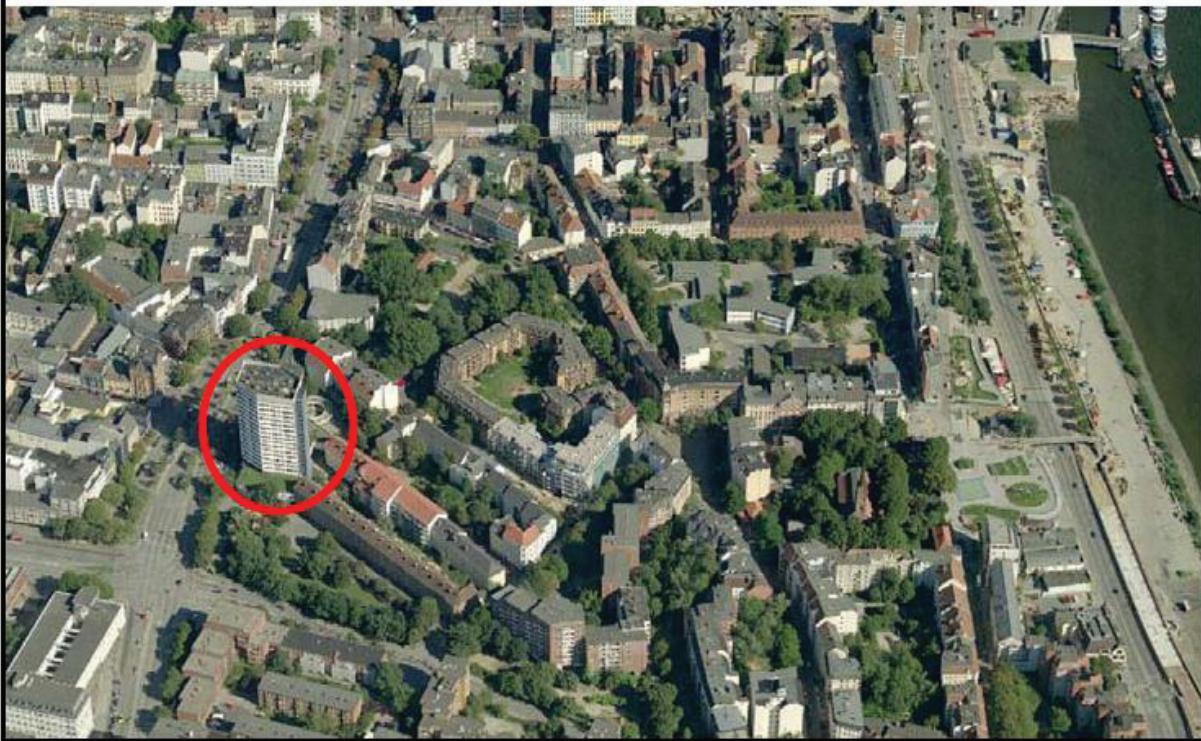
- Use of Day light
- Bioclimatic Materials
- Close contact to the environment
- Use of Day light
- Modern Architecrture

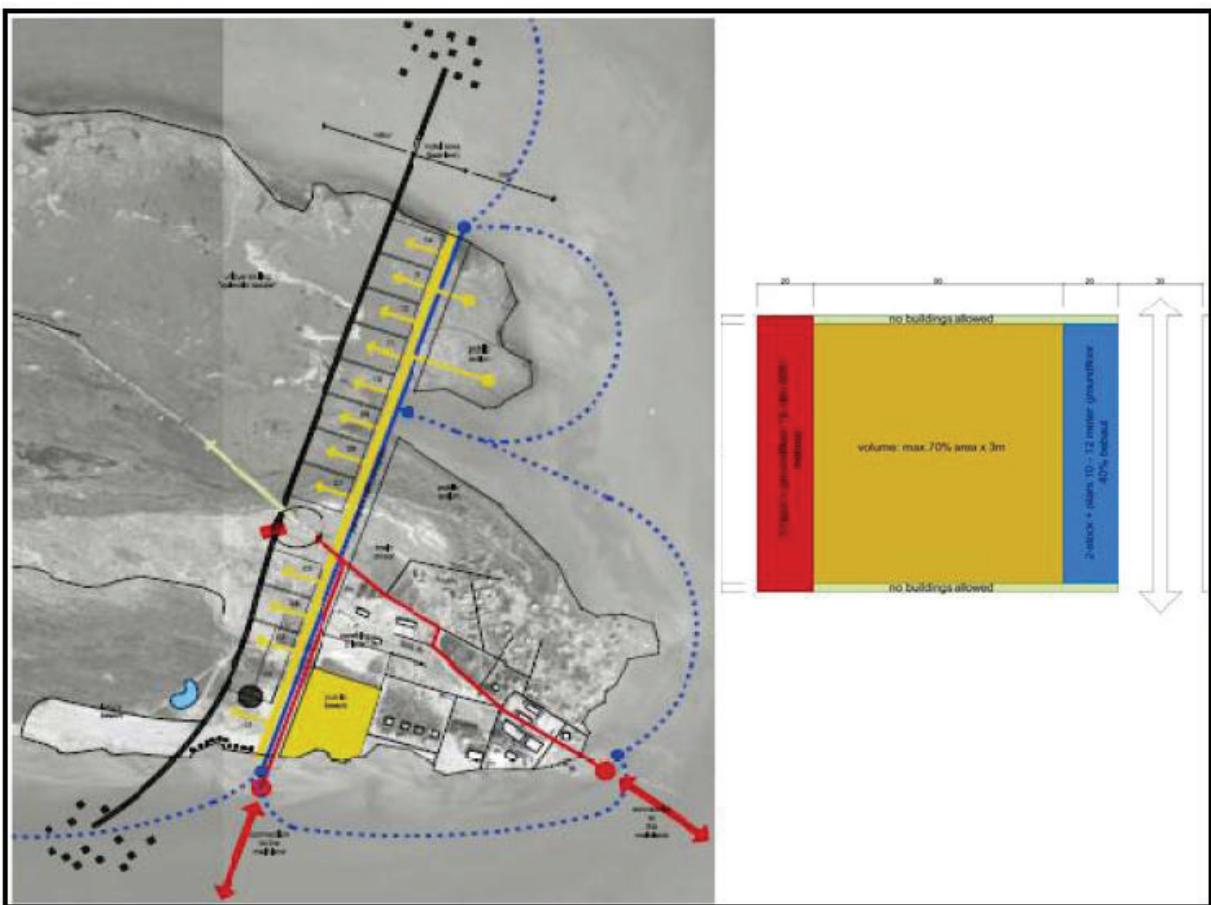


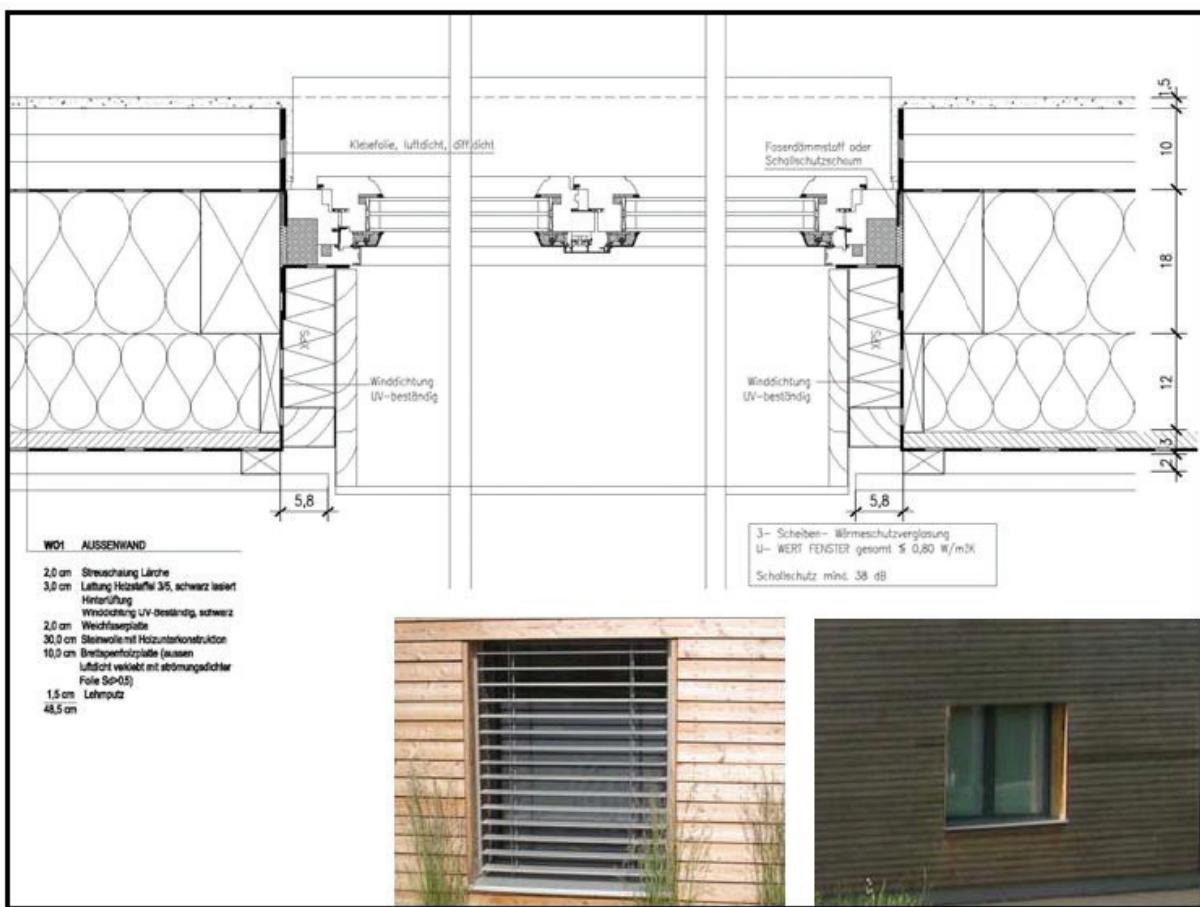




Sanierung eines Wohnhochhauses

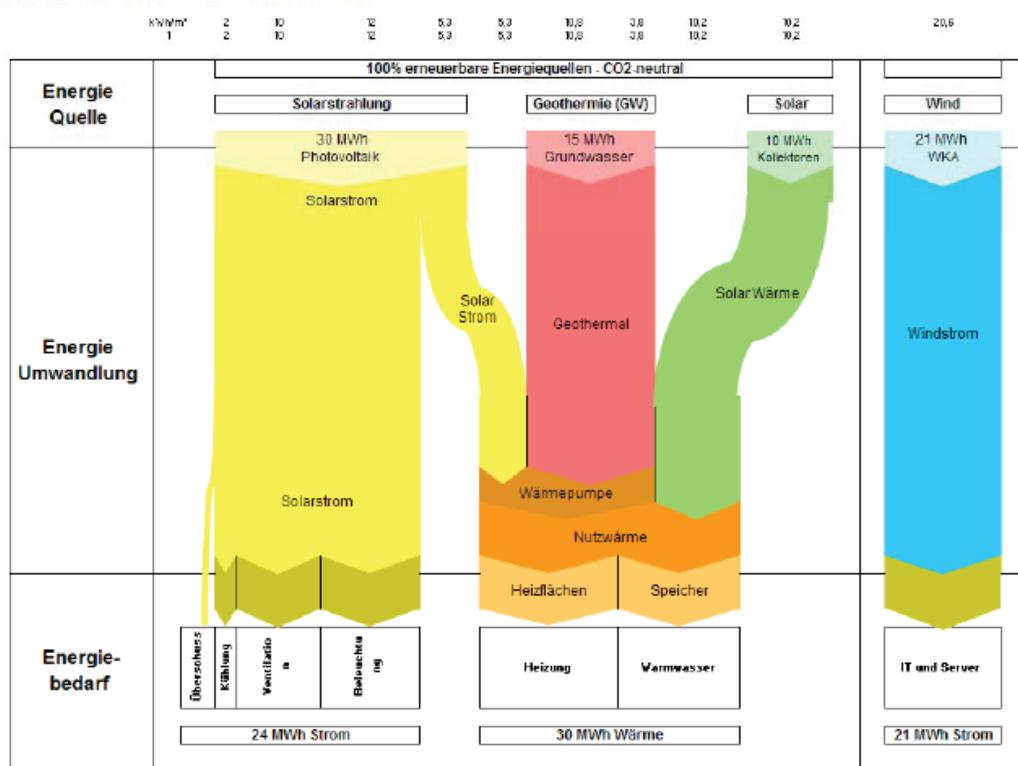




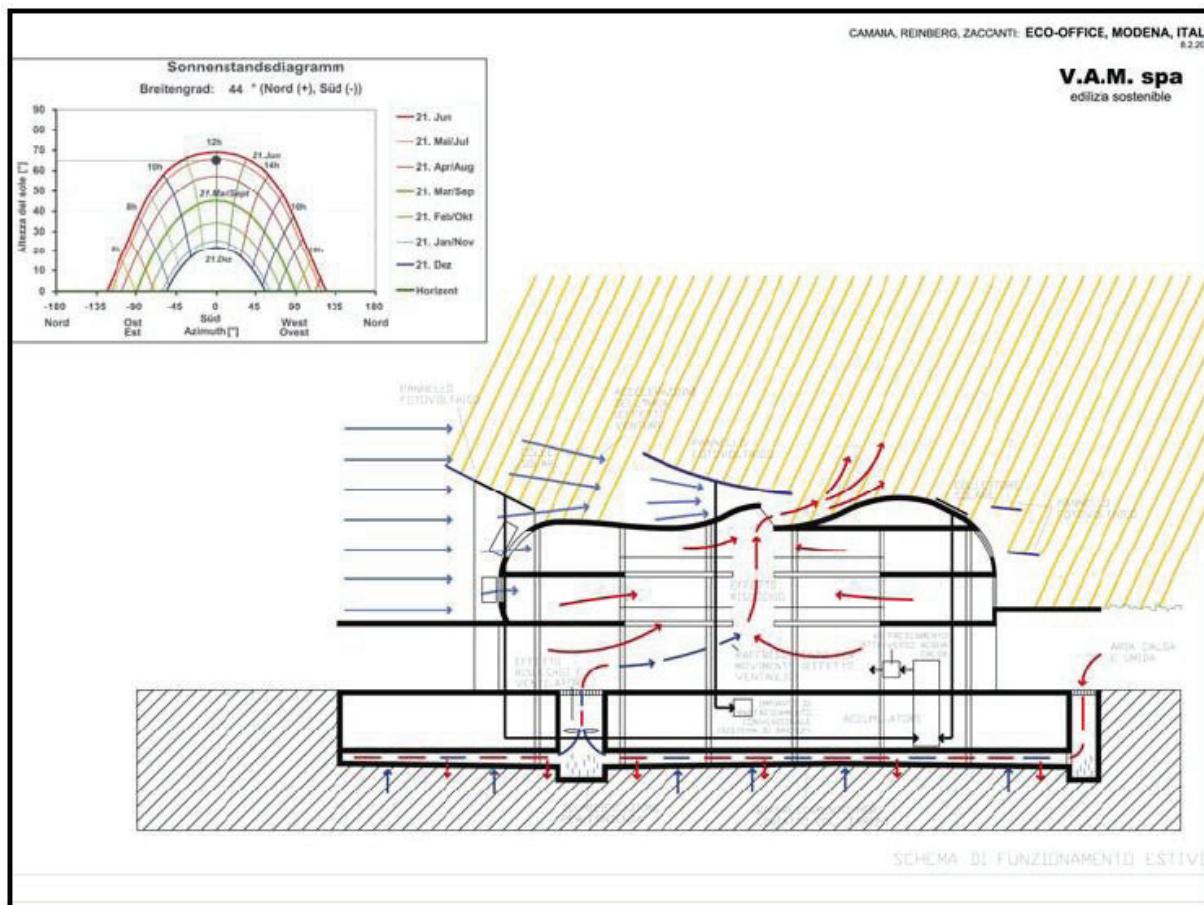




Firmengebäude Windkraft Simonsfeld in Ernstbrunn
Architekturbüro Reinberg ZT GmbH, Mitarbeiter: Arch. Antonio Leonte



27
QR5





Reinberg ist einer der österreichischen Architekten, die in den 1980er- und 1990er-Jahren substantielle Impulse zum energiebewussten Umgang mit der Architektur geleistet haben.

Eine neue Architektur, die er im speziell österreichischen Umfeld von Beulen umsetzen konnte. Seine Bauten sorgten in den 1980er Jahren auf Grund ihrer neuartigen Konzepte für starke Kontroversen. In Fachkreisen und zählen heute zu Leitbildern einer interdisziplinären Entwicklung.

Reinberg gilt heute, auch internationale, als Meist: als einer der Väter einer Architektur, die ökologisch und sozial motiviert ist und dies eben auch in formaler Hinsicht in zeitgenössischen, aktueller Form umsetzen kann.

Reinberg was one of the Austrian architects responsible for substantial impulses in the field of energy-conscious architecture in the 1980's and 1990's. It was a new form of architecture at the time and he was able to realize a number of projects not only within the Austrian architectural landscape. His buildings triggered sharp controversy among experts during the 1980's and a controversial model of the period's international development.

Reinberg is therefore also considered a pioneer of an architecture form, which based on ecological and social motivations, can also be realized at a formal level in a transdisciplinary context.

ISBN 978-3-211-32770-0

Springer.at

Reinberg

ÖKOLOGISCHE ARCHITEKTUR | ECOLOGICAL ARCHITECTURE

Entwurf – Planung – Ausführung | Design – Planning – Realization

Springer Wien New York

3. LITERATURE

- [1] "Ökologische Architektur/ Ecological Architecture - Entwurf, Planung, Ausführung/ Design, Planning, Realization" von Reinberg, Georg W.; Boeckl, Matthias (Hg.), 2008, 348 Seiten, ISBN: 978-3-211-32770-8.
- [2] „Georg W. Reinberg: Solar Architecture“, von Adriana Labella (Hg.), Librìa Verlag, Melfi (Italia), 112 Seiten durchgehend farbig, ISBN 88-87202-48-6.
- [3] „Architecture by Georg W.Reinberg“, September 1998, Verlag Alinea international, Florenz, 204 Seiten; ISBN 978-8881252497

EDUCATION AND ENERGY EFFICIENCY

THE TOPIC FOR THE FUTURE

Gerhard Moritz
Gerhard Kopeinig



MARIBOR, 2012

EDUCATION AND ENERGY EFFICIENCY - THE TOPIC FOR THE FUTURE

Izobraževanje in energijska učinkovitost - tema prihodnosti

Dipl.HTL.ing. **GERHARD MORITZ**

Energiebewusst Kärnten,
Koschutastraße 4, 9020 Klagenfurt,
energiebewusst@ktn.gv.at

Arch.dipl.ing **GERHARD KOPEINIG**

Arch + More ZT GmbH,
Dr. Karl-Rennerweg 14, 9220
Velden am Wörthersee,
arch@archmore.cc

Abstract

After project development, the St. Leonhard elementary school in Arnoldstein was designed to be a place where children feel at home. The elementary school had been rebuilt in the late 1960s, and it was now time for a renovation. Renovation using prefab timber elements was ideal for the building's structure, and a central comfort ventilation system could be used because of the ceiling heights. Thanks to the project development process, at least three buildings could be combined in one (school, kindergarten, after-school care, and public library), thereby conserving energy and contributing to the village centre.

An important factor was a detailed analysis followed by an open project development process to develop goals in cooperation with future users (village residents, politicians, educators, custodians, and local government agencies). Our task as planners and architects is to use this information to make the correct decisions for each individual case. Besides detailed planning, an important factor for construction is on-site quality assurance, without which renovation quality will decrease despite pre-made materials. Once the building is used, adjustments and fine-tuning based on measurement results can help ensure the project's success.

To reach the Passivhouse Standard after renovation most important is a) what kind of building materials are existing, b) what are the right answers in detail, c) what kind of material and details are used in renovation, d) quality control on site and d) minimum one year of "after renovation care" together with the client and users on the building.

1. PASSIVE HOUSE RENOVATION OF THE ST. LEONHARD ELEMENTARY SCHOOL AND KINDERGARTEN IN ARNOLDSTEIN

The original structure is oriented north-south so that the classrooms face the east. To the east, the building ends in a foyer built with the gymnasium. The custodian's apartment is at the south end of the ground floor. The light-filled assembly area is at the centre and connects to the coatroom and bathroom facilities to the north and the classroom hallway to the west.



Original Building ©ARCH+MORE / Blende 16

The basement, which was not constructed according to the original plan, contains storage space and the heating system, along with the former gymnasium area, which is a few steps lower and has outdoor access to the west.

The south side of the top floor is currently the location of a spare classroom and the teachers' lounge. The principal's office is to the east. As on the ground floor, four classrooms are on the north side. Energy demand for the structure is given as heat demand $\leq 15 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ (heat demand – Passive House limit value), calculated with the Passive House Planning Package according to Dr. Feist. This value is calculated from net floor area and with consideration of internal loads and yields; it is equivalent to a heat demand of $< 10 \text{ kWh}/(\text{m}^2\text{a})$ calculated with the Austrian Institute of Construction Engineering (OIB) process.

The heating load must be calculated independent of the calculated value for heat demand. The renovated building's heating load cannot exceed the maximum amount of energy able to be transported via fresh air.



Elementary school ©ARCH+MORE / Blende 16



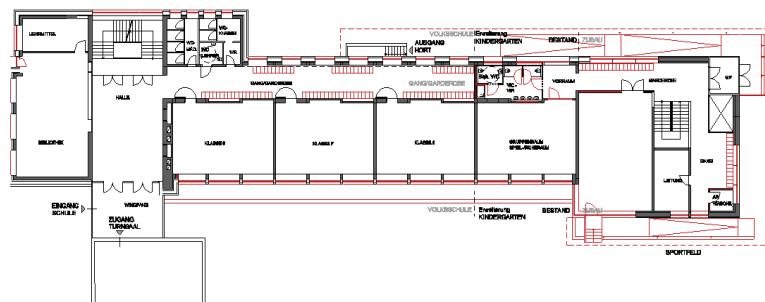
Kindergarten ©ARCH+MORE / Blende 16

1.1 Accepted and suggested functional configuration

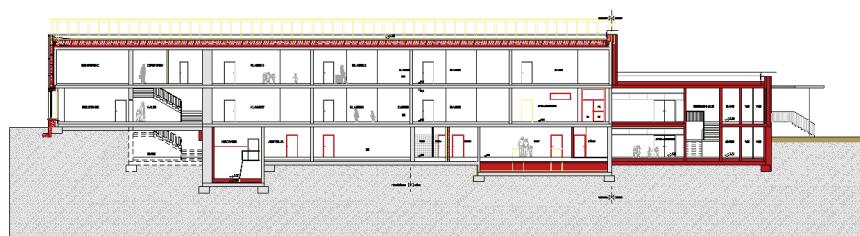
- On the ground floor, the custodian's apartment will be converted to a library. The classroom wing with its coatroom will mostly remain as it is.
- In the basement, a room will be adapted for the custodian. In addition, the former gymnasium will be used for after-school care, including a prep kitchen. To this end, the floor will be raised to the level of the basement and a slope will be built in front of the east-facing windows for better lighting.
- The top floor can therefore remain unchanged, including the spare classroom.

1.2 Construction measures for achieving the determined standards

- In the part of the ground floor that is not above the basement, the floor structure, including the concrete substructure, is to be replaced with a 30-centimeter layer of pressure-resistant and water-resistant insulation without thermal bridges, in accordance with static and building engineering requirements.
- The walls above the basement are to be split and closed off with insulation according to the above requirements.
- In the area above the basement, the floor structure is to be increased by about 30 centimetres for the required level of insulation.
- Façade renovation should mostly consist of prefab timber elements mounted on the existing façade as statically required. The project can thus rely mostly on pre-made materials and avoid problems on the construction site.
- The roof should be renovated without thermal bridges by removing the current structure and building a flat roof structure with insulation of about 35 centimetres around the gutters. Adding trusses for a gabled roof would only be for aesthetics and would incur additional costs compared to a flat roof.



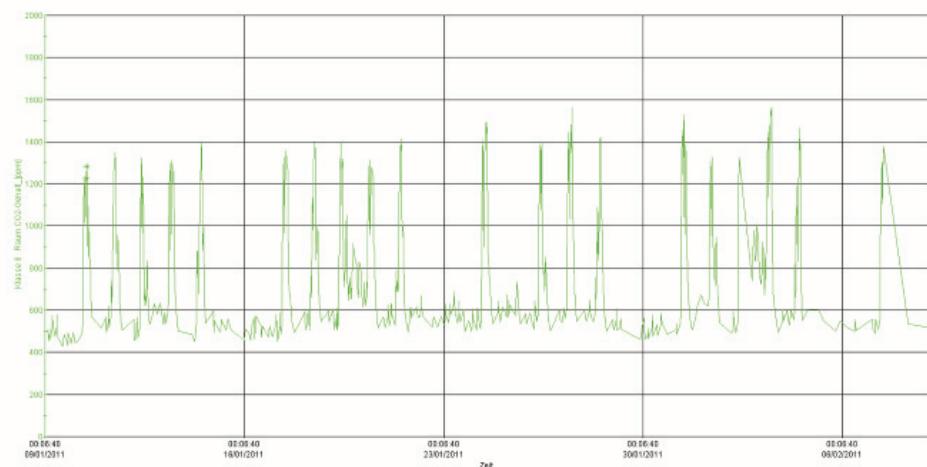
Ground Floor ©ARCH+MORE



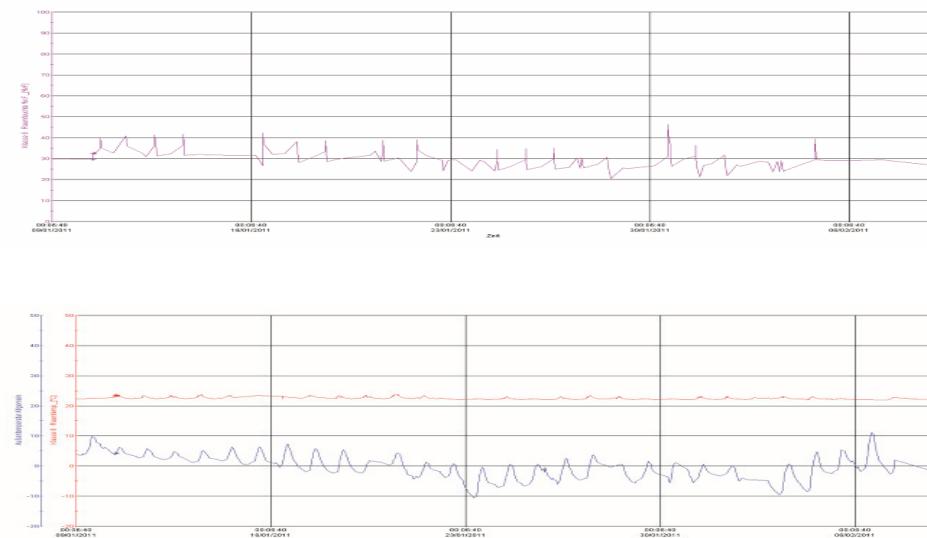
Section ©ARCH+MORE

1.3 Measurements

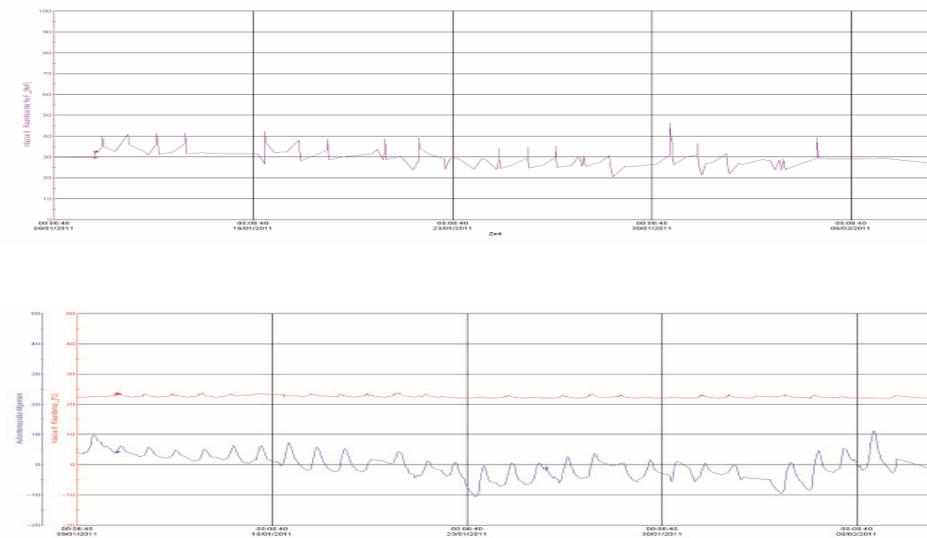
1.3.1 CO₂ content



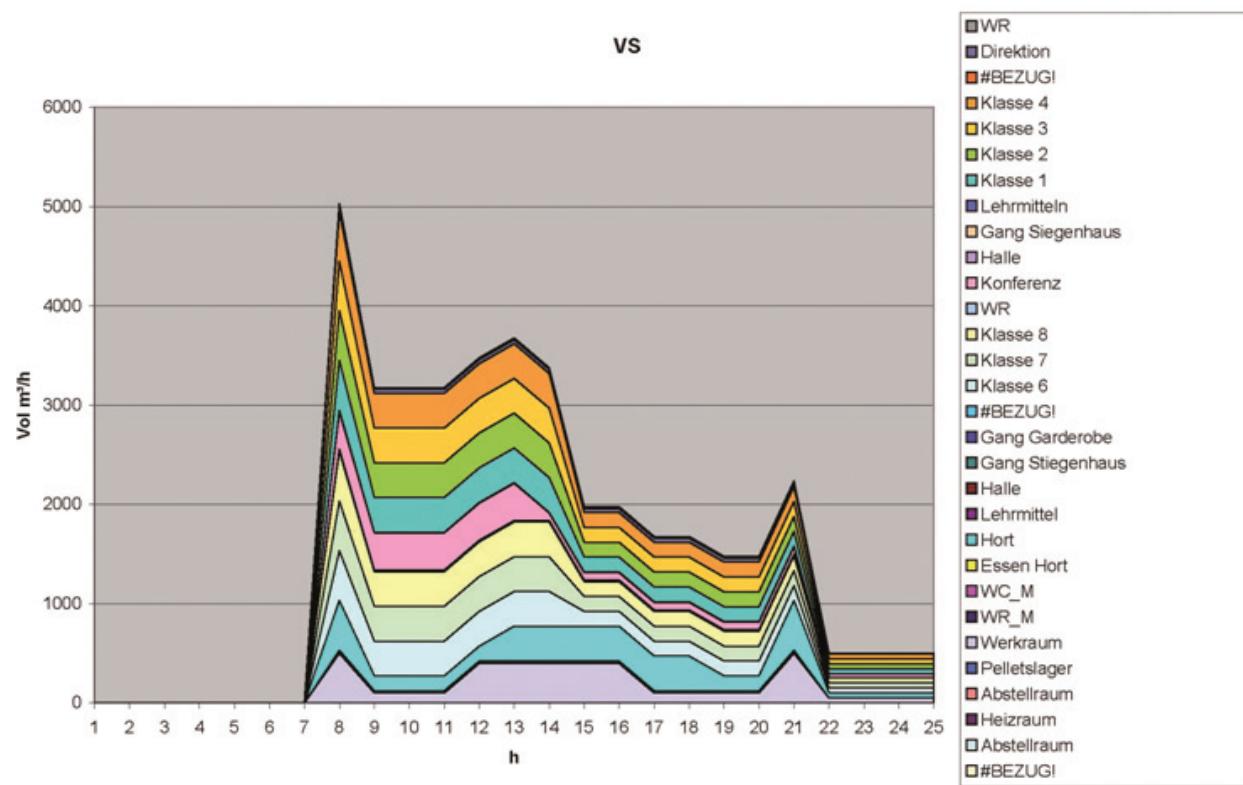
1.3.2 Relative humidity



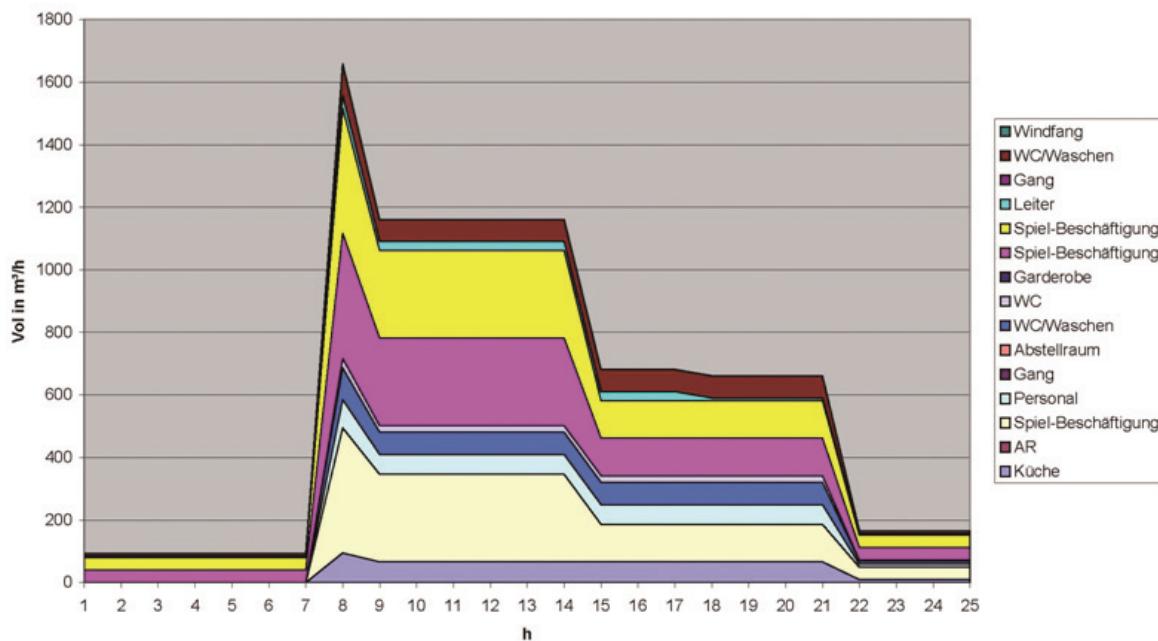
1.3.3 Room temperature



1.3.4 Air volume elementary school



1.3.5 Air volume kindergarten



2. PUBLICATIONS

- tri Alpe Adria 2011 „Energy efficient building renovation“ – „Sustainable, passive house standard renovation“ – 2011
- the best of book „Isover energy efficiency- the best award 2011“ – 2011
- Wirtschaftsblatt „Neu-Orientierung“ statt Sanierung – 15.06.2011
- Passivhaustage „Passivhausbewohner zeigen ihr Wohlfühl-Zuhause“ – im Rahmen der 7. internationalen „Tag des Passivhauses“ 2010
- Holzbau Austria Energie Sanierung „Besser lernen mit Holz“ – 3/2010
- Energy Efficiency Award 2011

GRADNJA VEČNADSTROPNIH LESENIH OBJEKTOV

Manja Kitek Kuzman



Povzetek

V današnjem času, ko je trajnostni vidik eden ključnih elementov razvoja ponuja večnadstropna lesena gradnja velike možnosti v stanovanjski in javni gradnji v smeri uporabe lesa kot vodilnega gradbenega materiala. Še posebej z uredbo o ZeJN, katere namen je zmanjšati negativen vpliv na okolje z javnim naročanjem okoljsko manj obremenjujočih storitev-gradenj. Pri spodbujanju večje porabe lesa ne smemo pozabiti na sodobna načela kot so certifikacija ravnjanja z gozdom, označevanje (FSC, PEFC), obnovljivost, zdržno rabo, načela od "zibke do groba" in "od zibke do zibke" (C2C) in vse pomembnejše načelo 3R "reduce, reuse, recycle".

Ključne besede: večnadstropna gradnja, lesena konstrukcija, ZeJN, poraba lesa

MULTISTOREY TIMBER BUILDING

Abstract

The aspect of sustainability is one of the key elements of development today, and therefore, multistorey timber building offers particulary strong possibilities in residential and public buildings in the direction of the use of timber as a leading building material. In particular, the regulation of Green Public Procurement, which aims to reduce the negative environmental impact. In promoting greater use of wood we should not forget the modern principles such as forest management certification, labeling (FSC, PEFC), renewable wood, use wood in sustainable way, principle of "Cradle to grave" and "C2C-Cradle to cradle" and popular 3R principles "Reduce, Reuse, Recycle".

Key words: multistorey building, timber construction, GPP, timber use

1. UVOD

Slovenija je dežela gozdov, saj ti pokrivajo približno 60 odstotkov našega ozemlja. Po gozdnatosti smo v Evropski uniji za Švedsko in Finsko na tretjem mestu. Pri tem imajo na Finskem le okoli 15 gospodarsko zanimivih vrst lesa, pri nas pa približno 70. Posek še naprej zaostaja za dopustnim oziroma možnim posekom, kot ga dovoljujejo gozdnogospodarski načrti. Letno priraste več ko 4 m³ lesa na prebivalca, kljub temu je letna poraba lesa le 0,4 m³/prebivalca, kar je le malo nad EU povprečjem. Pri spodbujanju večje porabe ne smemo pozabiti na sodobna načela kot so certifikacija ravnjanja z gozdom, označevanje (FSC, PEFC), obnovljivost, zdržno rabo, načela od "zibke do groba" in "od zibke do zibke" (C2C) in vse pomembnejše načelo 3R "reduce, reuse, recycle", za vse to je raba lesa prvovrsten primer! V današnjem času, ko je trajnostni vidik eden ključnih elementov razvoja ponuja večnadstropna lesena gradnja velike možnosti v stanovanjski in javni gradnji v smeri uporabe lesa kot vodilnega gradbenega materiala. Še posebej z uredbo o ZeJN, katere namen je zmanjšati negativen vpliv na okolje z javnim naročanjem okoljsko manj obremenjujočih storitev-gradenj.

2. RAZVOJ VEČNADSTROPNE LESENE GRADNJE

Proizvajalci in investitorji v Sloveniji že kažejo željo po graditvi lesenih večnadstropnih stanovanjskih objektov in konstrukcijah večjih dimenzij. Pri večnadstropnih lesenih objektih večina držav v Evropi (tudi Slovenija) postavlja omejitev višine oziroma števila etaž glede na požarno varnost. V potresno ogroženih državah pa so omejitve v številu etaž določene predvsem zaradi potresnega vpliva na lesene okvirne konstrukcije [1]. Neke vrste začetek in smernice za večnadstropno gradnjo v Sloveniji predstavljajo večetažni objekti, zgrajeni že v 70. letih (Preglednica 1).

Preglednica 1 | Izvedeni projekti večnadstropnih objektov podjetja Marles hiše Maribor doma in v tujini v letih od 1977 do 1994 [2]

Leto	Ime objekta	Konstrukcija	Površina m ²	Lokacija	Št. nadstropij -les
1977	Osnovna šola Brezno	Malostenska panelna	2.693	Brezno, Slovenija	P+2 leseno
1978	Zdravstveni dom Kostajnica	Malostenska panelna	3.030	Kostajnica, BIH	P+2 leseno
1979	Srednja šola Kočevje	Malostenska panelna	3.500	Kočevje, Slovenija	P+2 leseno
1983	Hotel Kopaonik	Velikostenska panelna	2.743	Kopaonik, Srbija	P + 2 leseno
1983	Dom za ostarele Rovinj	Malostenska panelna	1.650	Rovinj, Hrvaška	P+1 leseno
1984	Medicinski center Split	Panelna	790	Split, Hrvaška	P 1+M leseno
1994	Večstanovanjski objekt	Panelna	1.100	Bad Kissingen, Nemčija	P+2+M leseno

Še danes najdemo v starih mestnih jedrih, predvsem v osrednjem delu Evrope številne večnadstropne historične objekte s predalčno nosilno konstrukcijo tesarske izvedbe, ki dosegajo tudi za današnji čas zavidanja vredne višine do 30 m. Tehnologija t. i. predalčne konstrukcije -zgodovinske skeletne konstrukcije se je pojavila v pozнем srednjem veku (predalčna konstrukcija - ang. Post beam-classic, nem. Fachwerkbau) (Slika1).

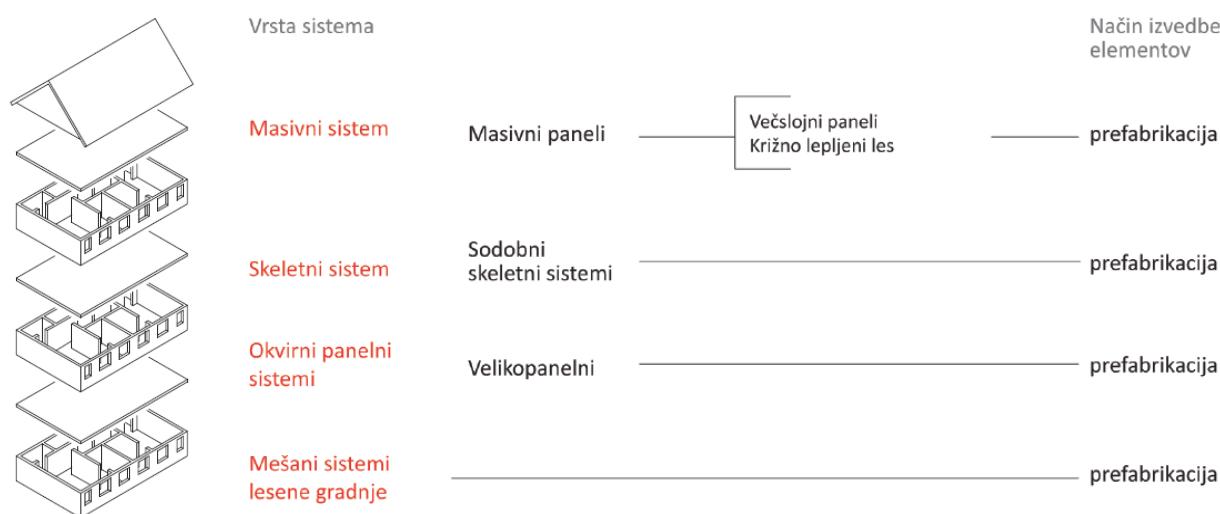


Slika1: Ohranjeno staro mestno jedro z lesenimi objekti tudi za današnji čas zavidljive višine

Pri večetažni montažni gradnji je razvoj velikopanelnega sistema predstavljal velik napredek. Razvoj panelnih sistemov gradnje je od 80-ih let dalje potekal od malostenskega k velikostenskemu sistemu, od osnovnih mer k modularni gradnji in od izvedbe na gradbišču do prefabrikacije v tovarni. Malopanelni ali malostenski sistem je temeljil na posameznih manjših elementih dimenzij 1,20 m (1,25 m, 1,3 m) x 2,5 m (2,65 m), pri katerih se širina ujema z modularno mrežo. Višina stenskih elementov pri tem

ustreza višini etaže, dolžina stropnih elementov pa razpetini polja, ki ga premoščajo. Za velikopanelni sistem je značilna višja stopnja prefabrikacije, saj so stenski elementi kot osnovni vertikalni montažni elementi vključno z vsemi odprtinami dokončno izdelani v obratu, zato je montaža na gradbišču precej hitrejša kot pri malopanelnem sistemu [3]. S sodobnimi montažnimi okvirnimi lesenimi sistemi je možno graditi tudi objekte, višje od treh etaž. Pri načrtovanju pa je potrebno upoštevati, da moramo z večjo višino objektov zagotoviti tudi večjo odpornost objekta na vodoravne horizontalne obremenitve (potres, veter). Nosilnost v vodoravni smeri je pri panelnih sistemih odvisna predvsem od vrste obložnega materiala in razmika veznih sredstev. Pri visokih objektih je primerneje uporabiti OSB plošče z manjšim razmikom veznih sredstev. V primeru uporabe mavčno-vlaknenih plošč je nevarnost pojava nateznih razpok, zato je treba elemente ustrezno ojačati. Preglednica 2 prikazuje najpogosteje uporabljeni konstrukcijski sisteme večetažnih lesenih objektov.

Preglednica 2 | Najpogosteje uporabljeni konstrukcijski sistemi večetažnih lesenih objektov



Pri leseni večnadstropni gradnji je nujno poudariti še problematiko večje skupne obtežbe, zahteve po drugačni zvočni zaščiti, pravilno projektiranje in izpolnjevanje pogojev požarne varnosti - dodatne zahteve, posebnosti glede nekaterih konstrukcijskih elementov (ostrejše, zahteve glede priključkov, vozlišč, balkonskih elementov, inštalacijskih poti), upoštevanje časovnih deformacij nosilnih elementov v vertikalni smeri, ter hitrost in potek gradnje na gradbišču zaradi zaščite pred vremenskimi vplivi.

3. VEČNADSTROPNA LESENA GRADNJA DANES

Uporaba lesenih elementov v večetažni gradnji se povečuje. Leseni objekti večjih razponov in večetažne lesene gradnje so povsod po svetu že velik izviv za prihodnost. Podatki sosednje Avstrije kažejo izjemen porast večnadstropnih objektov v zadnjih letih (Slika 2). Večina večnadstropnih objektov je zgrajenih kot zelo dobrih nizkoenergijskih hiš (poraba energije za ogrevanje največ 35 kWh/(m²a)) in pasivnih hiš (poraba energije za ogrevanje največ 15 kWh/(m²a)).

Delež lesenih večstanovanjskih objektov v Avstriji

Gradbeni projekti 13/1/1%

Uporabna površina 4/1/1 %

Zgrajeni volumen 3/1/1%

Primerjava let:

2008 2003 1998

Način izvedbe lesene večnadstropne gradnje v Avstriji

Okvirno-(panelna) konstrukcija 94/93/93%

Skeletna konstrukcija 0/1/2 %

Kladna ali brunasta 1/4/5%

Sodobna masivna konstrukcija 5/2/0%

Primerjava let:

2008 2003 1998

Slika 2: Delež lesenih večnadstropnih objektov v Avstriji in način izvedbe lesene večnadstropne gradnje v Avstriji [4,5]

Tehnični napredek omogoča gradnjo tudi 14 nadstropij in več. Prelomnico uporabe lesa v večnadstropni gradnji predstavlja leta 2008 v Londonu zgrajena osemnadstropna stolpnica Murray Grove Tower. Nad betonskim pritličjem ima 8 etaž v leseni izvedbi in v svetovnem merilu predstavlja najvišjo moderno stavbo – v celoti leseno konstrukcijo. Prejela je tri prestižne nagrade: UK wood award–Category: Structural, UK wood award–Category: Offsite construction in TTJ Award 2008–Category: Achievement in Engineered Timber.

V nadaljevanju je prikazanih nekaj lesnih večnadstropnih objektov slovenskih proizvajalcev izvedenih v zadnjih letih 2 letih (Tabela 3, Slika 3).

Tabela 3: Večnadstropni objekti slovenskih proizvajalcev izvedeni v letih 2008-2012



Hotel Jolly, Ponte di Legno, Italija
Ito izvedbe 2011
izvajalec Riko hiše d.o.o.
površina 1.042 m²
etažnost P+3 leseno



Poslovno skladiščni objekt Komenda
Ito izvedbe 2011 prva faza
izvajalec Ekoprodukt d.o.o.
površina 1.156 m² prva faza,
2.500 m² druga faza



Visitor center- doživljajski park Tayto, Irsko
Ito izvedbe 2010
izvajalec Smreka d.o.o.
površina 905 m²
etažnost P+1 leseno



Večstanovanjski objekt Tampoa
Milano, Italija
Ito izvedbe 2010
izvajalec Jelovica hiše d.o.o.
površina 713 m²
etažnost P+1+M leseno



Večstanovanjski objekt Sončna vila, Bovec
Ito izvedbe 2010
izvajalec Jelovica hiše d.o.o.
površina 640 m²
etažnost P+1 leseno



Osnovna šola Tinje
Ito izvedbe 2010
izvajalec Marles hiše
površina 1.872 m²
etažnost P+3 +M leseno



Osnovna šola Poljska
Poljska
Ito izvedbe 2009
izvajalec Marles hiše
površina 1.768 m²
etažnost P+2 +M leseno



Hotel Chalet 1400
Limone Piemonte, Italija
Ito izvedbe 2008
izvajalec Biva hiše d.o.o.
površina 950 m²
etažnost 2+M leseno



Hotel Siziano
Siziano (PV), Italija
leto izvedbe 2012
izvajalec Kager hiša d.o.o.
površina 7.420 m²
etažnost P+2 leseno

Hotelski kompleks Limone
Piemonte, Italija
leto izvedbe 2012
izvajalec Rima Hiše d.o.o.
površina 4.192 m²
etažnost P+2+M leseno

Waldorfska šola, Ljubljana
leto izvedbe 2012
izvajalec RUBNER,
ingenieurholzbau d.o.o.
površina 1.718 m²
etažnost P+2+M leseno

Lesoteka, trgovsko poslovni
objekt, Radlje ob Dravi
leto izvedbe 2012
izvajalec GLI d.o.o.
površina 442 m²
etažnost P+1 leseno



Turistični objekt hotel Planinka
Ljubno ob Savinji
leto izvedbe 2011
izvajalec Rihter d.o.o.
površina 1.080 m²
etažnost P+1+M leseno



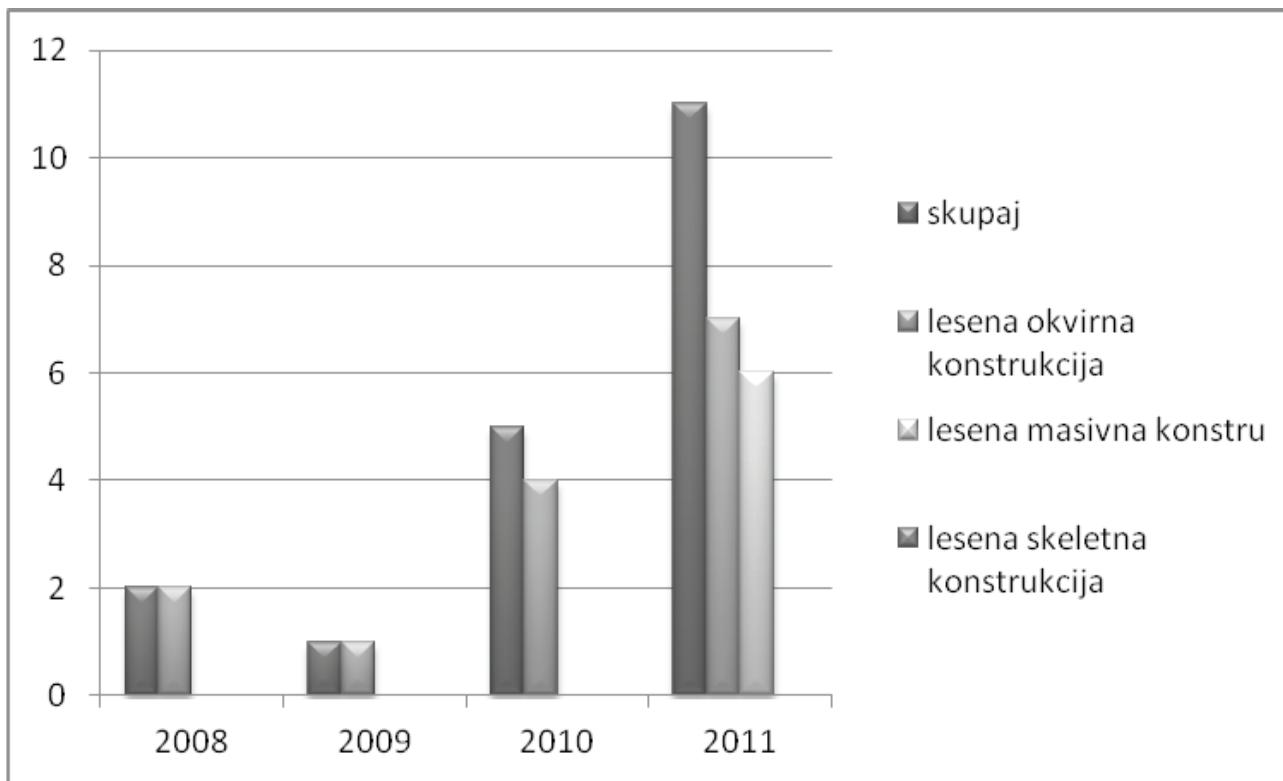
Mladinski hotel Punkl
Ravne na Koroškem
leto izvedbe 2011
izvajalec Kograd IGEM d.o.o.
površina 518 m²
etažnost P+1 leseno



Večstanovanjska hiša
Ljubljana
leto izvedbe 2011
izvajalec Lumar IG d.o.o.
površina 385 m²
etažnost P+2 leseno



Stanovanjski objekt (Lazio)
Rim, Italija
leto izvedbe 2011
izvajalec Riko hiše d.o.o.
površina 179 m²
etažnost P+1+M leseno



Slika 3: Izvedeni leseni večnadstropni objekti in način izvedbe v obdobju 2008-2012 v Sloveniji

4. UREDBA O ZELENEM JAVNEM NAROČANJU

Vlada Republike Slovenije je dne 8.12.2011 izdala Uredbo o zelenem javnem naročanju (Uradni list št. 102/11), sama uredba pa se je začela uporabljati 14.03.2012. Namen te uredbe je zmanjšati negativen vpliv na okolje z javnim naročanjem okoljsko manj obremenjujočega blaga, storitev in gradenj, ter dajanje zgleda zasebnemu sektorju in potrošnikom. Uredba določa zavezance za zeleno javno naročanje, minimalne obvezne okoljske zahteve, priporočila za doseganje višjih okoljskih standardov, način vključevanja okoljskih zahtev v postopke javnega naročanja in način dokazovanja, da ponudnik oziroma blago, storitev ali gradnja izpolnjuje okoljske zahteve [6]. Uredba določa okoljske zahteve za 11 skupin izdelkov in storitev. Za lesarsko stroke sta pomembni predvsem dve skupini izdelkov: pohištvo in stavbe, vključno s projektiranjem, gradnjo, rednimi investicijami in vzdrževanjem stavb ter vgradnjo in montažo posameznih naprav in proizvodov v stavbi.

Za večino kategorij stavb, ki bodo v prihodnosti zgrajene iz javnih sredstev, Uredba predpisuje, da mora delež lesa ali lesnih tvoriv, vgrajenih v stavbo (brez notranje opreme), znašati vsaj 30 % prostornine vgrajenih materialov. To velja tako za novogradnjo, dozidavo, nadzidavo ali rekonstrukcijo stavbe, kot tudi za redno in investicijsko vzdrževanje. Poleg tega pa Uredba omogoča naročniku, da opredeli merilo, po katerem se ponudba, ki bo zagotovila, da se uporabijo gradbeni proizvodi, ki temeljijo na obnovljivih surovinah in presegajo 30% prostorninski delež lesa, vgrajenega v stavbo, točkuje z dodatnimi točkami. Prav tako bo v dodatnih merilih naročnik lahko opredelil dodatne točke za vgradnjo lesenih oken. Način in delež tega merila v razmerju do ostalih meril v razpisni dokumentaciji določi naročnik.

Upoštevanje razvitosti slovenskega trga z okoljsko sprejemljivejšimi izdelki in storitvami ter ozaveščenost, kapacitete in usposobljenost javnih naročnikov, uredba do 31.12. 2012 določa prehodno obdobje za javne sklade, javne agencije, javne zavode, javne gospodarske zavode, javna podjetja in druge osebe, ki se v skladu z javnonaročniško zakonodajo štejejo za osebe javnega prava. V tem obdobju bodo morali ti javni naročniki temeljne okoljske zahteve vključevati le med merila za izbor najugodnejše ponudbe, kar za ponudnika predstavlja možnost, da dobi njegova ponudba zaradi boljših okoljskih lastnosti pri ocenjevanju in primerjavi z drugimi ponudbami dodatne točke. Ostali naročniki, to so organi Republike Slovenije in občine, bodo morali že od začetka veljavnosti uredbe okoljske zahteve vključevati tako med merila za izbor najugodnejše ponudbe kot med zahteve (tehnične specifikacije, pogoji za ugotavljanje sposobnosti, pogodbena določila). Uredba je zasnovana tako, da bo v prihodnje okoljske zahteve s spremembami in dopolnitvami uredbe mogoče zaostriti ali dodati okoljske zahteve za nove skupine predmetov javnega naročanja.

Primer dobre prakse - Program »Wood First«

Za zgled nam lahko služi primer programa »Wood First«, ki priporoča uporabo lesa kot material izbire pri vseh projektih, ki jih financira država. Program ne zahteva, da so konstrukcije lesene, vendar da investitorji obravnavajo les kot prvo izbiro. Takšen korak je izredno pomemben v smeri sprejemanja lesa kot gradbenega materiala pri javnih objektih in za lokalno gospodarstvo. Kanada je bila začetnik tega programa in Vancouver, British Columbia je bilo prvo mesto, ki ga je uradno sprejelo [7,8].

5. CASE STUDY: KOLIČINA PORABLJENEGA LESA PRI IZBRANIH JAVNIH OBJEKTIH

Izbranih je bilo 6 javnih objektov slovenskih proizvajalcev: Vrtec Calci (Riko hiše d.o.o.), Vrtec Preddvor Jelovica Hiše d.o.o., vrtec Šentilj (Marles hiše Maribor d.o.o.), objekt Lesoteka (GLI d.o.o.) in mladinski hotel Punkl (RACE KOGO d.o.o.). Izbrani objekti so bili primerjani po naslednjih postavkah: bruto in neto velikost objekta, porabo lesa za konstrukcijske namene (poraba lesa za stene, ostrešje, medetaže) in porabo lesa za izgradnjo celotnega objekta. Iz teh podatkov je bil narejen pregled porabe lesa glede na uporabno bivalno površino (m^3/m^2). Za vsak objekt posebej je bil podan tudi ogljični odtis (Tabela 4) [9,10].

Tabela 4: Rezultati porabe lesa in izračun ogljičnega odtisa za izbrane javne objekte[9]*

Proizvajalec Ime objekta	Riko hiše d.o.o. Vrtec Calci	Marles hiše Maribor Vrtec Šentilj	Jelovica hiše d.o.o. Vrtec Preddvor	GLI d.o.o Lesoteka	Race Kogo d.o.o Punkl
Konstrukcija	Masivna	Okvirna	Okvirna	MHM	Masivna
Velikost bruto neto (m^2)	620,2 549,5	1306,6 1030,9	1537,6 1314,8	335,0** 268,8**	680,6 534,7
Poraba glede na površino (m^3/m^2)	poraba kon. lesa glede na uporabno biv.površino poraba vsega lesa glede na uporabno biv.površino	0,540 0,614	0,101 0,176	0,237 0,273	0,451 0,511
Poraba lesa (m^3)	poraba kon. lesa celotno poraba lesa celotno	296,8 337,2	104,1 181,6	311,5 359,3*	121,2 137,3
Konstrukcijski les (m^3)	medetaža ostrešje	- 89,2	5,5 44,3	153,1 45,2	29,6 31,6
Talne obloge (m^3)	stene	207,6	54,4	113,2	60,0
Stavbno pohištvo (m^3)	okna vrata	2,8 2,8	0,9	5,3	4,4
Zunanja oprema (m^3)		8,8	1,1	-	-
Fasada (m^3)		26,3	-	31,2	9,6
Ogljični odtis ($t CO_2$)		674,5	363,3	718,5	274,5
Zaloge CO_2 (kg/m^2)		1227,4	352,4	546,5	1021,4
					885,2

*izračuni so informativnega značaja, ** vse stene objekta niso lesene

6. LITERATURA

- [1] Dujič, B. 2001. Eksperimentalno podprto modeliranje odziva lesenih okvirnih panelov na vodoravno ciklično obtežbo: doktorska disertacija. Ljubljana, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 239 str.
- [2] Prospektno gradivo, arhiv podjetja Marles hiše Maribor d.o.o.
- [3] Kitek Kuzman, M. 2012. Lesene konstrukcije v stanovanjski in javni gradnji |Slovenija. Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta Oddelek za lesarstvo, Fakulteta za arhitekturo: 164 str.
- [4] proHolz, 2011: Holzschnitt 2/2011
- [5] proHolz, 2002:Mehrgeschossiger Holzbau in Österreich
- [6] Kuntnar, A., Tavzes, Č., 2011: Uredba o zelenem javnem naročanju. LesWood (63)11-12:422-423.
- [7] Wood First Act (2012) http://www.leg.bc.ca/39th1st/1st_read/gov09-1.htm (10.09.2012)
- [8] Wood First Initiative (2012) <http://www.bcfii.ca/bc-forest-sector/wood-first/> (10.09.2012)
- [9] Malerič, U., 2012: Sodobne možnosti gradnja objektov iz masivnega lesa, diplomski project, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, oddelek za Lesarstvo.
- [10] www.lesena-gradnja.si

NEKAJ PROJEKTOV

Bevk Perović arhitekti



MARIBOR, 2012
NEKAJ PROJEKTOV

MATIJA BEVK, univ.dipl.inž.arh.
mag. **VASA J.PEROVIĆ**, univ.dipl.inž.arh

Bevk Perović arhitekti d.o.o
Dunajska 49, 1000 Ljubljana
info@bevkperovic.com

1. PREDSTAVITEV

Arhitekturni biro je bil ustanovljen l. 1997 s strani Matije Bevka (Fakulteta za arhitekturo, Ljubljana, 1999) in Vase J. Perovića, (Arhitektonski fakultet, Beograd, 1992 in Berlage Institute of Architecture, Amsterdam,1994). V obdobju od začetka delovanja je tim arhitektov prejel številna slovenska in mednarodna priznanja in nagrade za svoje arhitekturne projekte, ki so bili razstavljeni na številnih razstavah ter v tujih in domačih knjigah in revijah. Letos je v Španski reviji El Croquis izšla njihova monografija, v katero je uvrščena predvsem stanovanjska gradnja, pri čemer prevladujejo individualne hiše (poimenovane s kraticami imen lastnikov: SB, H, HB, R, K, D, TV, J in S), s katerimi sta se Matija Bevk in Vasa J. Perović ter njuni sodelavci tudi največ ukvarjali.

Trajna kakovost njunega arhitekturnega dela se kaže predvsem v specifičnih bivalnih ali uporabnih lastnostih vsakega posameznega projekta. Do teh so jima pripomogle predvsem izkušnje ter udeleževanje na večjih slovenskih in mednarodnih natečajih. Na prvi pogled različnim arhitekturnim odgovorom o projektih Bevka in Perovića bi skupni imenovalec utegnili najti predvsem v materialih. Beton, jeklo in steklo opisujeta kot sodobne, tehnološko in tehnično zelo dovršene materiale, hkrati pa poudarjata vrednost lesa, s katerim načrtujeta že od začetka svoje kariere.

2. NEKAJ PROJEKTOV

Socialna Stanovanja Sotočje, Kranj, 2008-2009

Plečnikovo nagrada 2011

Nominacija Mies van der Rohe Award 2011



Slika 1: Socialna Stanovanja Sotočje

Hiša K, Domžale, 2006-2008

Plečnikovo odličje 2009

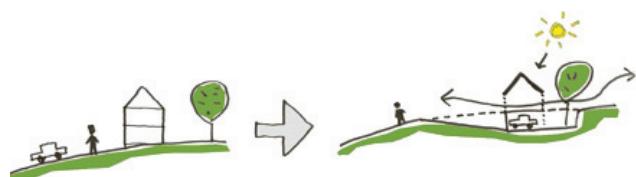


Slika 2: Fotografije Hiše K v Domžalah

Hiša HB, Pirniče, 2006-2007

Plečnikovo odličje 2009

HOU ŠE = LANDSCAPE



Slika 3: Konceptualna zasnova objekta



Slika 4: Fotografije Hiše HB v Pirničah

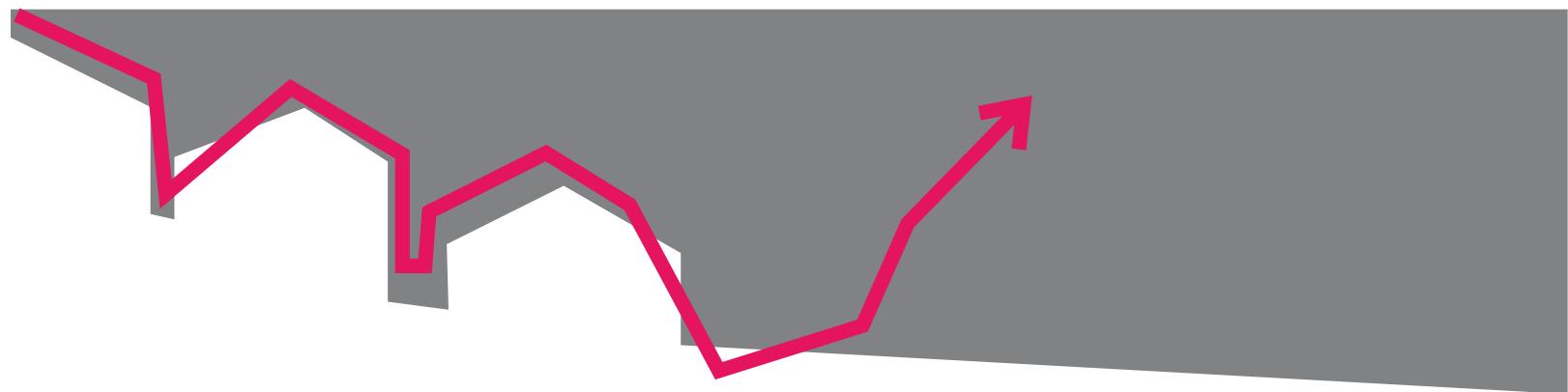
3. VIRI

<http://www.bevkperovic.com>

<http://www.delo.si/druzba/kult/bevk-perovic-2004ndash-2012.html>

PROJEKT NIČENERGIJSKE STAVBE V ESTONIJI

Martha Enriquez-Reinberg



Abstract

After years of experience planning several residential, office and healthcare buildings according to the principles of Passive House technology in central Europe, the invitation to plan a one-family-house using this technology for a more extreme weather like it is in Põlva – Estonia, was of great interest and challenging for us.

The building adapts the Passive House concept for Nordic countries and should serve as a model for Passive and Plus-Energy-Buildings in northern latitudes. The building is going to be housing a typical Estonian family with 5 members.

1. PROJECT DESCRIPTION

This is a detached single family house on three floors. It has a rectangular ground-plan and cuboid shape. The building makes use of the site's terrain and thus part of the first floor is under ground. The main façade with its big windows is oriented towards the south.

The building is designed to be a passive house and therefore incorporates many of the most high-end products available today. To increase comfort even more the design makes use of massive constructions – KLH massive wood, clay indoor wall and clay plaster. In addition wall heating and cooling and automated summer night ventilation is used. A special attention is paid to using natural non-toxic materials.

The outside rendering is also simple and natural, using light coloured plaster and wood. On the southern walls and roof there are also solar thermal and photovoltaic panels to reduce the building's primary energy consumption.

A passive house project in progress – this house will become the first Certified Passive House building in Estonia. Construction works are due to end in November 2012. All design and construction works have been carried out keeping in mind that the building must become a Certified Passive House. The certification process is already ongoing and awaits some last information.

2. LOCATION

EE-63305 Põlva, Estonia

3. CONSTRUCTION TYPE

Mix construction (timber and masonry)

Exterior wall construction:	15 mm Kronopol DP50 – 0,09 W/(mK) 400 mm cellulose wool [0,041 W/(mK)] and C-joist (3 %) 94 mm KLH massive wood – 0,13 W/(mK) 15 mm clay plaster – 0,81 W/(mK)
Exterior basement wall:	15 mm outside plaster – 1,0 W/(mK) 300 mm EPS – 0,034 W/(mK) 200 mm concrete – 2,3 W/(mK) 15 mm clay plaster – 0,9 W/(mK)
	Average U-value = 0,1 W/(m ² K)
Basement floor construction:	80 mm concrete – 1,33 W/(mK) 300 mm XPS – 0,037 W/(mK) 300 mm concrete – 2,3 W/(mK) 30 mm LECA granulate – 0,11 W/(mK) 100 mm EPS – 0,037 W/(mK) 60 mm concrete – 1,7 W/(mK) 20 mm wood – 0,18 W/(mK) U-value = 0,09 W/(m ² K)
Roof construction:	15 mm SBS roofing – 0,13 W/(mK) 30 mm Isover OL-TOP – 0,039 W/(mK) 380-500 mm EPS (wedge shape) – 0,037 W/(mK) 102 mm KLH massive wood – 0,13 W/(mK) U-value = 0,07 W/(m ² K)
Window Frame:	SmartWin Eesti OÜ, SmartWin and SmartWin fixed, timber window frame with thermal insulation inside Uw-value = 0,66 W/(m ² K)
Glanzing:	Guardian – ClimaGuard nrG (Argon 90 %) G= 60 % / Ug = 0,69 W/(m ² K) (average of southern windows) Guardian – ClimaGuard Premium (Krypton 90 %) g = 32 % Ug = 0,47 W/(m ² K) (average of northern, western and eastern windows)

4. ENERGY

Ventilation:	Paul Novus 300, heat recovery ventilation with ground heat exchanger preheating (HER 92 %)
Heating installation:	Viessmann Vitocal 300-G BWC heatpump and Sonnenkraft solar thermal panel (30,5 m ²) connected to 2000 L reservoir. The heat is distributed via floor and wall heating system.
Domestic hot water:	Viessmann Vitocal 300-G BWC heatpump and Sonnenkraft solar thermal panel (30,5 m ²) connected to 2000 L reservoir.
Air tightness:	n ₅₀ = 0,3/h (not yet measured/target value)
Ecological aspects:	The building incorporates solar thermal and photovoltaic panels, as well as a carefully selection of material, non-toxic materials.
Annual heating demand:	15 kWh/(m ² a) calculated according to PHPP
Heating load:	13 W/(m ²) calculated according to PHPP
Primary energy requirement:	101 kWh/(m ² a) total demand on heating installation, domestic hot water, household electricity and auxiliary electricity calculated according to PHPP

5. DATA

Year of construction: 2012

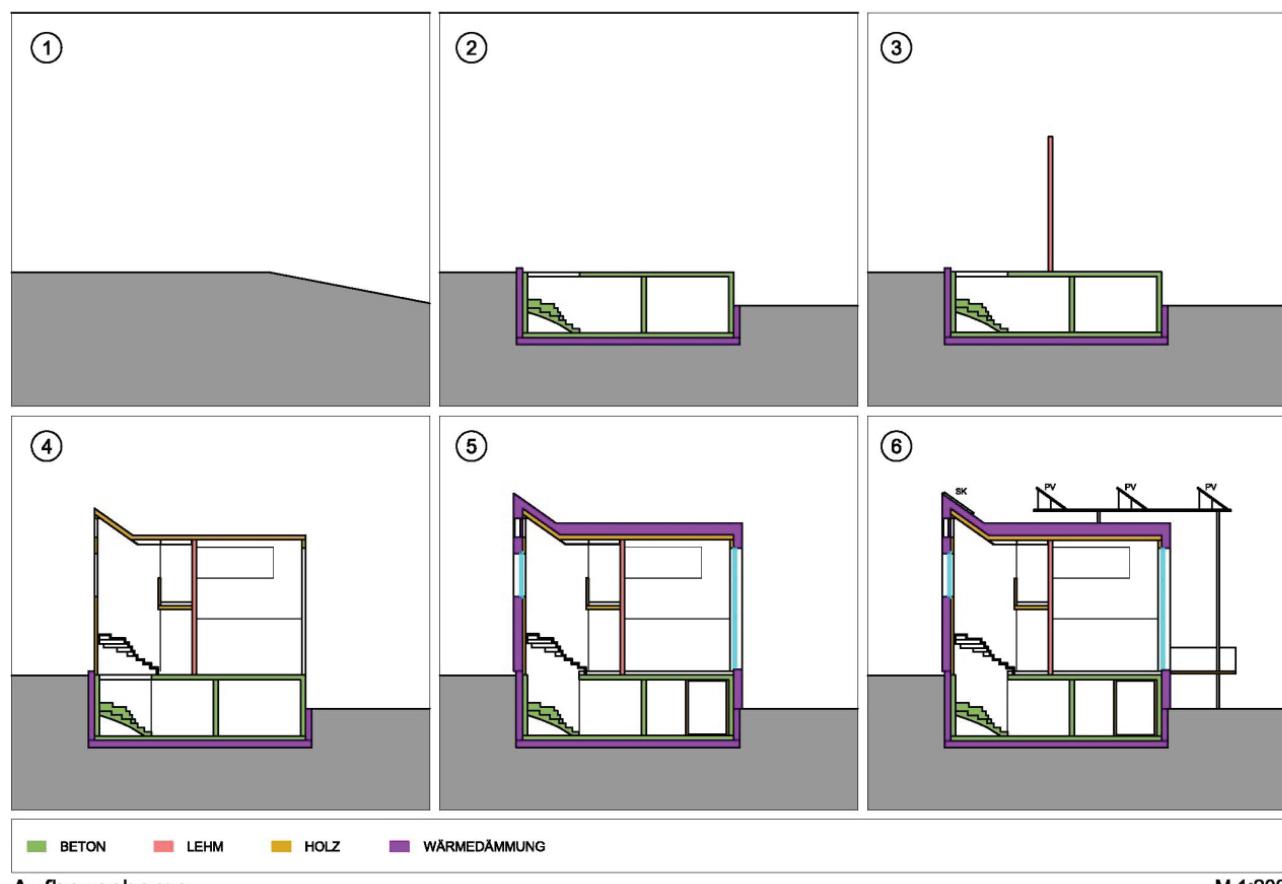
Treated floor area According to PHPP: 285 m²

Architecture: Martha Enriquez-Reinberg and Georg W. Reinberg

Consultors: Tönu Mauring and Jaanus Hallik (building physics)

Johannes Riebenbauer (static engineer, wood, concrete and metal structure)

Craftsperson/parties involved: Margus Valge, Sense OÜ



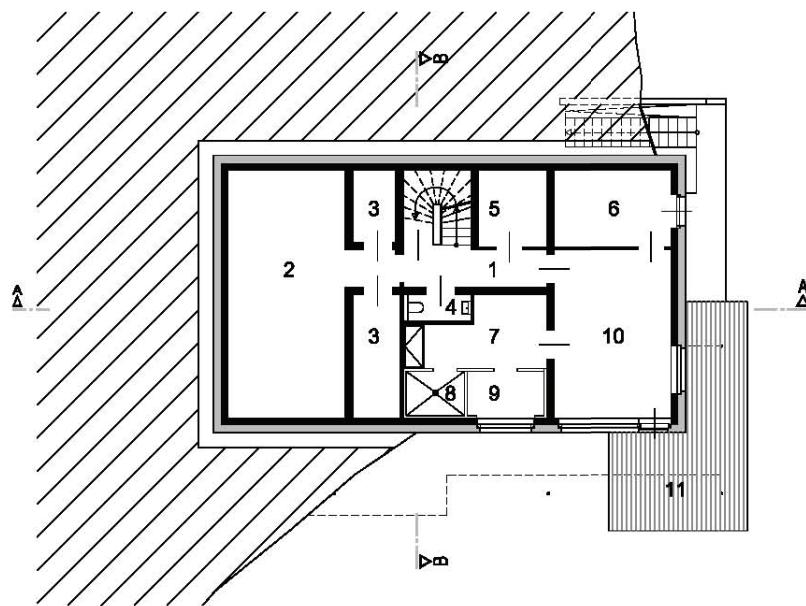
Aufbauschema

M 1:200

* Reinberg

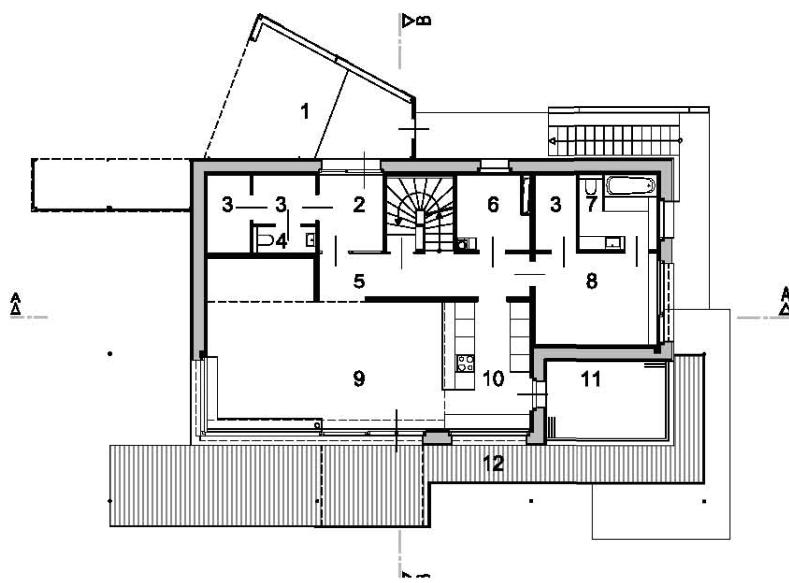


1. Gang
 2. Spielraum
 3. Keller
 4. WC
 5. Techinscher Raum
 6. Lager
 7. Duscher Raum
 8. Dampfbad
 9. Sauna
 10. Ruheraum
 11. Terrasse



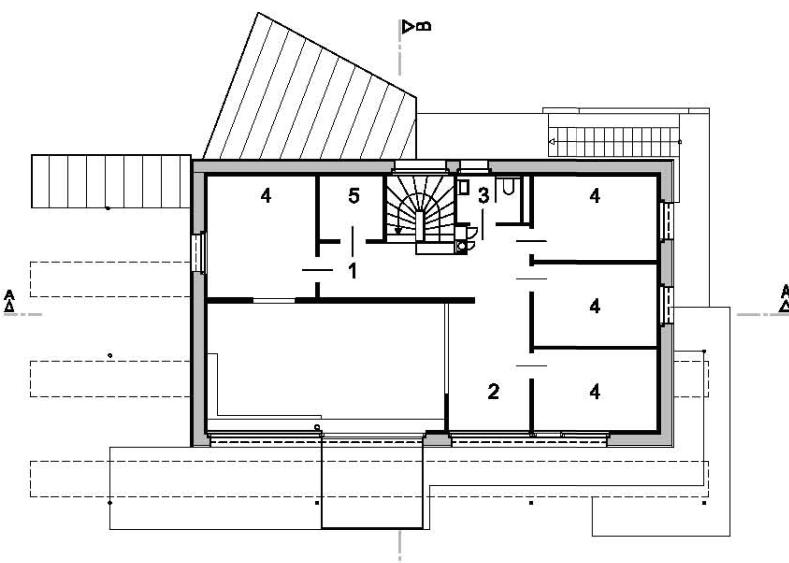
UG

1. Halle
 2. Vorraum
 3. Garderobe
 4. WC
 5. Gang
 6. Wascheraum
 7. Bad
 8. Zimmer
 9. Wohnraum
 10. Küche
 11. Wintergarten
 12. Terrasse



EG

1. Vorraum
 2. Galerie
 3. WC
 4. Zimmer
 5. Garderobe



OG

* Reinberg





* Reinberg



* Photo: Margus Valge



* Photo: Margus Valge

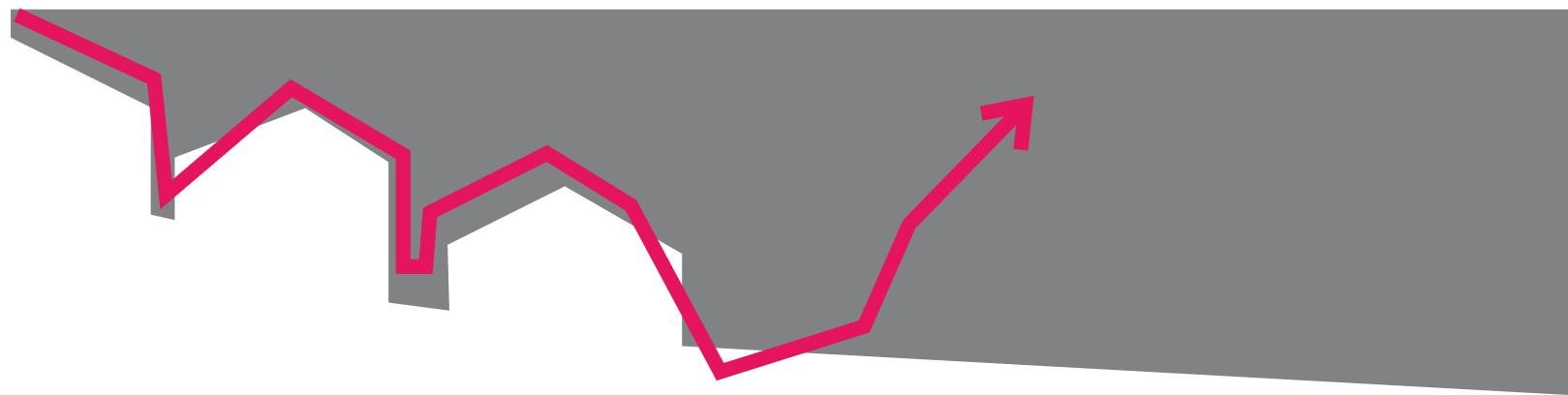


* Photo: Margus Valge



INOVATIVNA APLIKACIJA STEKLA V OKVIRNIH LESENIH STENSKIH ELEMENTIH

Boštjan Ber



Povzetek

Prispevek prikazuje rezultate eksperimentalnih preiskav horizontalne nosilnosti in togosti okvirnih lesenih stenskih elementov s steklenimi obložnimi ploščami. Leseni okvir, na katerega je neposredno prilepljena steklena obloga, predstavlja sovprežni stenski element, ki s svojo nosilnostjo prispeva k stabilnosti celotne lesene konstrukcije. Uporabljeni so bili različni tipi adhezivov s specifičnimi lastnostmi in posledično vplivi na samo obnašanje stenskega elementa. Predstavljena sta dva koncepta in sicer z obojestransko stekleno oblogo, ter z enojno stekleno oblogo v središču prereza. Primernost tega optično zanimivega nosilnega elementa, za vgrajevanje v lahke lesene konstrukcije, je ponazorjena s primerom iz prakse. Pomen vgrajevanja večjih steklenih površin v lesene konstrukcije je zaradi izboljšave fizikalnih lastnosti tega transparentnega materiala v zadnjem desetletju močno narasel, saj lahko s pravilno integracijo obeh materialov, lesa in stekla, dosegamo številne pozitivne učinke vezane na bivalno ugodje in energijsko učinkovitost stavb, kar predstavlja enega od poglavitnih razlogov za izvedbo predstavljenih raziskav.

Ključne besede: lesene konstrukcije, sovprežne konstrukcije, leseni okvirni stenski elementi, steklo, lepljeni spoj, eksperiment

Summary

The paper shows results of the researches of horizontal load-carrying capacity and stiffness of the timber-framed wall elements. Timber frame, to which glass is directly attached, forms the composite wall element, which contributes to stability of the entire system with its load capacity. Different types of adhesives with specific characteristics were used and they consequently caused different impacts on a wall composite. Both concepts, with bilateral glass as well as single glass lining in the middle of profile, are presented. The suitability of this optically interesting element for integration in the light weight timber structures is presented with an example. The importance of building large-size glazing into timber structures has significantly grown over the last decade due to the enhanced physical characteristics of glass and owing to the fact that proper integration of both materials, timber and glass, has a positive impact on indoor climate and on the energy efficiency of buildings, which was one of the major reasons for carrying out the presented experimental research.

Key words: timber structures, composite structures, timber-framed wall elements, glass, adhesive joint, experiment.

1. O LESU IN STEKLU

Les kot najdostopnejši gradbeni material nudi človeku zavetje in dom že od nekdaj. Je organski material, katerega krog uporabe se popolnoma zaokroži in sicer od rasti v gozdu, kjer les nudi hrano in zavetje živalim preko predelave lesa v surovino, polizdelke in končne produkte do pridobivanja lesne biomase iz odsluženega lesa in odpada. Slovenija je z lesom bogata dežela, saj je skoraj 60% njene površine poraščene z gozdom. V zadnjih letih beležimo povečanje uporabe lesa in posledično več možnosti za razvoj in inovacije na tem področju. S sodobnimi tehnološkimi prijemi lahko lesno masivo sprememimo v nešteto kompozitov, katerim prilagajamo dimenzijsko stabilne elemente s povečano nosilnostjo, Kitek Kuzman [1]. Izpostaviti velja predvsem lepljen lameliran les, ki se navadno pojavlja v oblikih pravokotnih rezov za nosilce ter križno lepljen les v oblikah plošč, ki ga je mogoče uporabiti za stropne, stenske ali strešne elemente. Les je pomemben gradbeni material z vidika svojih strukturnih značilnosti. V preteklosti se je les uporabljal predvsem za prevzem upogibnih obremenitev v oblikah nosilcev, s premišljenimi detajli pa lahko danes izvedemo tudi elemente za prevzem tlačnih in celo nateznih obremenitev. Les ima v primerjavi z betonom enako tlačno in precej večjo natezno trdnost, ob primerljivi masi pa z lesom zaradi njegove manjše gostote dosegamo višje nosilnosti. V primerjavi z jeklom ima les več kot desetkrat manjšo gostoto in ravno tolikokrat nižjo natezno in tlačno trdnost. Les se torej lahko primerja z jeklom ob primerljivi masi, pri čemer pa dobimo masivnejše prereze lesnih elementov. Les ima manjši elastični modul od jekla in betona, zato v lesenih elementih nastopijo večje deformacije. Temu se pri srednjih razponih izognemo z uporabo lepljenega lameliranega lesa, pri večjih razponih pa z ločnimi lepljenimi nosilci, Premrov in Dobrila [2].

Ime za steklo izvira iz latinskega izraza »*glesum*«, ki pomeni prosojno, svetlikajočo snov. O izvoru stekla je težko govoriti, saj je naravno steklo, kot posledica naravnih pojavov (udar strele, vulkanski izbruh, itd.) obstajalo že od nekdaj. V zgodovinskih zapisih rimskega zgodovinarja Plinija je zapisano, da bi steklo naj odkrili Feničani okrog 5000 let pr.n.š. Steklo kot gradbeni material pa so uvedli Rimljani, ki so znali proizvajati steklene plošče v velikosti enega kvadratnega metra. Steklo proizvajamo s taljenjem kremena ali kot produkt taljenja silicijevega dioksida z drugimi oksidnimi primesmi. Steklo v vročem, viskoznom stanju lahko z mehanskimi procesi oblikujemo v kompaktne, linijske in ploskovne elemente. Po ohladitvi postane steklo trdo in krhko ter odporno proti vodi, zraku in raznim kemikalijam, dobi pa tudi raznolike optične lastnosti. Steklo je izotropen material – njegove materialne lastnosti so enake v vseh smereh. Pridelava stekla je okolju prijazna, posledično pa so tudi produkti iz stekla ekološko neoporečni. V gradbeništvu se steklo v glavnem pojavlja kot fasadni element, ločilna stena med prostori v notranjosti stavbe, v večini primerov pa v oblikah okenskega stekla. Podatek, da ima steklo za sto odstotkov višjo karakteristično tlačno trdnost od jekla in 25 krat višjo tlačno trdnost od betona, nam pove marsikaj. Kar se tiče karakteristične natezne trdnosti, ima steklo nekaj več kot petkrat nižjo od jekla, ampak še zmeraj 20 krat višjo od betona. Potrebno je poudariti, da natezna trdnost pri steklu nima konstantne vrednosti, saj je precej odvisna od površinskih poškodb, velikosti ter starosti steklene plošče. Tlačna trdnost za razliko od natezne (upogibne) trdnosti ni odvisna od površinskih nepravilnosti in poškodb steklenega panela. Trdnost stekla je tako, kot pri ostalih materialih, odvisna od trajanja obremenitve ter od medija, ki ga obdaja. Modul elastičnosti je pri steklu trikrat nižji, kot pri jeklu ter petkrat višji od modula elastičnosti lesa. Steklo s svojimi optičnimi lastnostmi predstavlja večno moderen material, ki je vse pogosteje zastopan, saj omogoča pridobivanje pasivne energije, hkrati pa daje občutek odprtosti in povezanosti prostora z zunanjostjo.

2. SISTEMI MONTAŽNE LESENE GRADNJE

2.1 Osnovna delitev

Izbor sistema montažne lesene konstrukcije je odvisen v prvi vrsti od arhitekturnih zahtev, pomembni pogoji pa so tudi situacija in lokacija ter sama funkcija objekta. Sistemi montažne lesene gradnje se med seboj precej razlikujejo in sicer v smislu zunanjega izgleda konstrukcije ter pristopa k projektiranju določenega sistema, Kolb [3]. Lesene montažne konstrukcije delimo na šest glavnih sistemov:

- Okvirna konstrukcija (slika 1a)
- Balonska in platformska okvirna konstrukcija (slika 1b)
- Okvirna panelna konstrukcija (slika 1c)
- Skeletna konstrukcija (slika 1d)
- Skladovna konstrukcija (slika 1e)
- Masivna konstrukcija (CLT) (slika 1f).



Slika 1a: Leseni okvirni sistem



Slika 1b: Balonski – platformski sistem



Slika 1c: Panelni okvirni sistem



Slika 1d: Skeletni sistem



Slika 1e: Skladovni sistem



Figure 1f: Masivni CLT sistem

Osredotočili se bomo na okvirni panelni sistem (slika 1c).

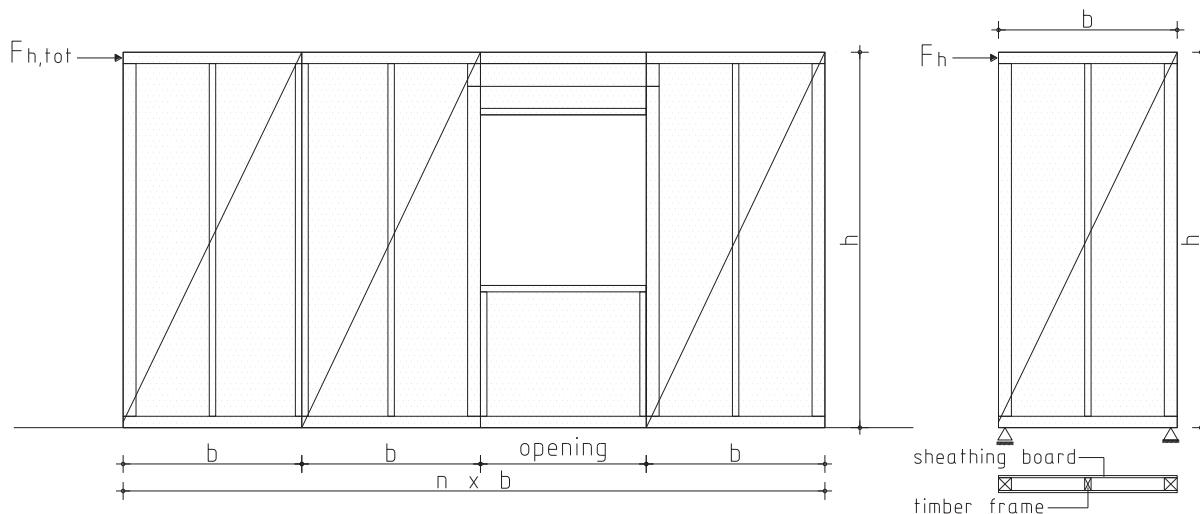
2.2 Okvirni panelni sistem

Okvirni panelni sistem se je razvil iz balonske in platformske okvirne lesene gradnje, ki poteka na licu mesta. Glavni prednosti okvirnega panelnega sistema pred tradicionalnimi okvirnimi sistemi sta prefabricirjanje v tovarni pod t.i. »idealnimi pogoji«, kar se tiče vremenskih vplivov, sprotne kontrole izvedbe in vgrajenih materialov ter hitrost montaže same konstrukcije. Omeniti velja tudi prehod iz malopanelnega okvirnega sistema v velikopanelni okvirni sistem, ki pomeni še hitrejšo montažo in večjo toгost celotne konstrukcije zaradi manjšega števila spojev. Prednost pred masivno gradnjo se kaže v debelini stenskih elementov, ki so pri okvirnem panelnem sistemu tanjši in pomenijo do deset odstotkov večjo tlorisno površino pri enakih zunanjih gabaritih objekta. Skupna lastnost lesenih montažnih objektov je ugodje bivanja zaradi vgrajenih materialov, ki so človeku prijazni, za njihovo pridobivanje pa je potreben majhen vložek energije.

2.3 Okvirni panelni stenski elementi

Montažni leseni stenski paneli, kot primarni vertikalni nosilni elementi so običajni visoki do 3,0 m. Nosilna konstrukcija je sestavljena iz pokončnikov in vencev pravokotnih prerezov. Po dolžini so pokončniki postavljeni v določenem rastru v odvisnosti od dimenzijs obložnih plošč, navadno pa je to mnogokratnik širine $b = 62,5$ cm. V povezavi z obložnimi ploščami zagotavljajo tako vertikalno nosilnost in prenos obtežbe na temeljno ploščo, kot horizontalno nosilnost in togost. Proizvajalci montažnih lesenih objektov centralne Evrope kot nosilne obloge najpogosteje uporabljajo mavčno vlaknene plošče (MVP) in plošče na osnovi lesa (vezane plošče, plošče z orientiranimi vlakni, MDF plošče, iverne plošče, ipd.), ki so s spomkami pritrjene na leseni okvir. Razlogov, da so mavčno vlaknene plošče tako priljubljene je več, izpostavimo pa lahko njihovo ognjevarnost ter sposobnost uravnavanja mikroklima prostora, katerega obdajajo. Kljub njihovi priljubljenosti pa se mavčno vlaknene obložne plošče ne obnašajo tako duktilno, kot plošče na osnovi lesa. Pri seizmičnih analizah je ravno zaradi nižje duktelnosti MVP obložnih plošč priporočljivo zmanjšati faktor obnašanja konstrukcije iz $q = 3$ na $q = 2$, Toratti [4] ter Ceccotti in Karacabeyli [5].

Stenski paneli se za raziskovalne namene lahko obravnavajo kot samostojni in sicer kot vertikalni konzolni nosilci obremenjeni s horizontalno silo ($F_h = F_{h,tot} / n$) na vrhu (slika 2). Tlačna in natezna podpora aproksimirata vpliv sosednjih stenskih panelov in zagotavlja elastično vpetje obravnavanega stenskega panela, kar lahko zasledimo v Eurocode 5 [6] in EN 594 [7].



Slika 2: Velikopanelni stenski element ter statični sistem za posamezni stenski element

3. PLOSKOVNE STEKLENE KONSTRUKCIJE

Zaradi izbojšave fizikalnih lastnosti skozi uporabo nizkoenergijskih nanosov, večplastnosti zasteklitve, z dodajanjem žlahnih plinov v medprostori med plasti stekla, je postala uporaba stekla v zadnjem desetletju vse pogosteje zastopana. Steklo ne omogoča več le naravne osvetlitve prostorov in občutka odprtosti oziroma vizualne povezave prostora z okolico. Zaradi svojih optičnih lastnosti lahko ob pravilni izbiri orientacije in deleža zastekljenih površin omogoča izkorisčanje solarnih topotnih dobitkov, ki bistveno prispevajo k energijski učinkovitosti stavbe. S premišljenim načrtovanjem in ustrezno uporabo z ozirom na njegove karakteristike, lahko steklo postane novodobni gradbeni material ekvivalenten nekaterim klasičnim gradbenim materialom, dodatno pa predstavlja integracija večjih in predvsem južno orientiranih zastekljenih površin v lesene konstrukcije velik potencial za gradnjo okolju prijaznih in energijsko učinkovitih stavb (slika 3). Plosko steklo je namreč nosilno v

svoji ravnini in lahko v kombinaciji z lesenim okvirjem doprinese k horizontalni nosilnosti in togosti konstrukcije. Za razliko od duktlnih materialov, je njegova porušitev hipna. Pri projektiranju je potrebno posebno pozornost posvetiti dilatacijam med steklenimi elementi ali med spoji z jeklom, da se izognemo koncentracijam napetosti. Steklo namreč ne disipira napetosti zaradi nezmožnosti doseganja plastičnih deformacij, Wurm [8].



Slika 3: Leseno – stekleni objekt, ki bo realiziran v letu 2013 (vir: Kager hiša)

3.1 Pregled raziskav

V preteklih dvajsetih letih se je zvrstilo mnogo raziskovalnih projektov na področju preizkušanja linijskih steklenih konstrukcij, ploskovnih steklenih konstrukcij ter linijskih lepljenih spojev med steklom in konstrukcijo. Pod pojmom linijske steklene konstrukcije razumemo nosilce in stebre iz različnih vrst stekla, ploskovne steklene konstrukcije pa predstavljajo steklene plošče, obremenjene v ravnini in pravokotno na ravnino. Torej izmed večih tipov steklenih konstrukcij se v naših raziskavah omejujemo na področje preiskovanja ploskovnih steklenih konstrukcij in sicer steklenih plošč obremenjenih v ravnini. Izmed raziskovalnih projektov v zvezi z linijskimi lepljenimi spoji med steklom in konstrukcijo pa se osredotočamo na projekte, katerih konstrukcija je iz lesa. Na področju preizkušanja ploskovnih steklenih konstrukcij ter linijskih lepljenih spojev med steklom in leseno konstrukcijo, pa se je do sedaj zvrstilo malo število raziskovalnih projektov. Možnost uporabe steklenih panelov kot ojačitvenih elementov v kombinaciji z lahko leseno konstrukcijo je predstavil Niedermaier [9], ki je stekleni panel, dimenzij 0,8m x 1,6m, priključil na leseni okvir s pomočjo lepljenega spoja z uporabo poliuretanskega ali silikonskega adheziva. V raziskavah je bilo ugotovljeno, da je podajnost okvirja in razporeditev napetosti v steklu odvisna od geometrije lepljenega spoja in vrste lepila. Lepljenje izolacijskega stekla za primere zimskih vrtov, fasad, stanovanjskih objektov, etc., je raziskoval Schober et al [10]. Zanimal se je za konstrukcijski, fizikalni in praktični vidik uporabe s ciljem pridobiti dovoljenje za

uporabo teh vrst konstrukcijskih elementov v Nemčiji. Preizkušanci so dimenzijski $1,25\text{m} \times 2,5\text{m}$ in predstavljajo dvoslojno izolacijsko stekleno ploščo, ki je na leseni okvir linijsko zaledljena. Pri svojih raziskavah je uporabljal silikonske in akrilatne adhezive. Kot zanimiv primer preizkušanja steklenih panelov prilepljenih v leseni okvir, obremenjenih ravninsko (v vertikalni in horizontalni smeri), lahko izpostavimo raziskavo, ki jo je izvedla Blyberg [11]. Na leseni okvir, dimenzijski $1,2\text{ m} \times 2,4\text{ m}$, je bila z akrilatnimi in silikonskimi adhezivi pritrjena $10,0\text{ mm}$ steklena plošča. Sistem z akrilatnim adhezivom je prenesel 180 kN vertikalne ter 70 kN horizontalne obremenitve, pri sistemu s silikonskim adhezivom pa so bili rezultati slabši za okrog 40%.

3.2 Adhezivi in linijski lepljeni spoji

Z lepljenimi spoji lahko dosežemo višjo trdnost spoja pri nižji ceni, v primerjavi z alternativnimi načini (vijačenje, žebanje). Ena večjih prednosti je, da materialov, ki jih spajamo ne oslabimo z odprtinami. Tako je prenos obremenitev homogen, vezan na celotno površino in ne točkovno, Habenicht [12]. Enakomerna razporeditev napetosti pa ugodno vpliva na materiale, ki jih spajamo (ni koncentracije napetosti), to pa pomeni prihranek, saj lahko uporabimo manjše preseke materialov, več mehanskih veznih sredstev pa nadomestimo z enim lepljenim spojem. Posledično je torej konstrukcija lažja in spoj močnejši. Uporaba adhezivov nam odpira nove možnosti, saj lahko spajamo materiale z različnimi mehanskimi lastnostmi, kar z drugimi načini spajanja morda ne bi uspeli. V primeru spajanja dveh materialov z izrazito različnim koeficientom topotnega raztezka (α_t), prožna plast adheziva zmanjša napetosti zaradi spremembe temperature. Epoksiidi imajo visoko površinsko aktivnost ter dobre lastnosti vlaženja za široko uporabo. Z dobro kohezijsko trdnostjo navadno epoksidne smole presežejo trdnost adherenta. Ker skorajda ne vsebujejo hlapljivih snovi, imajo majhen delež krčenja, kar je ugodno za lepljenje večjih površin. V primerjavi s poliestri, akrili ter vinili dosegajo manjše napetosti v lepljeni liniji. Zaradi majhnega deleža lezenja, epoksiidi zlahka ohranjajo isto trdnost pri stalni obremenitvi. Udarna trdnost je zadovoljiva, medtem ko je odpornost na cepitev nizka. V kolikor dodamo fleksibilne polimere, le-ti omogočajo dobro prenašanje vibracij, lupilnih in cepilnih sil. Poliuretanski adhezivi imajo širok spekter uporabe, od obutvene industrije do avtomobilske industrije, kjer je v uporabi predvsem za steklo, obloge, aluminijaste dodatke, les ter kovinske ploščice. Imajo dober oprijem na večino materialov, ter zmožnost vezanja na elastomere in duroplaste. Zraven vseh dobrih lastnosti imajo še odlično kemično in temperaturno odpornost. Reaktivne poliuretanske adhezive odlikuje visoka stopnja elastičnosti in odlična oprijemljivost na različne adherente, visoka strižna in natezna trdnost pri nizkih temperaturah, fleksibilnost, odpornost na obrabo ter žilavost. Prednost silikonskih adhezivov je predvsem v dobi odpornosti na cepilne sile v temperaturnem območju od -60°C do 370°C . Zaradi njihove obratovalne temperature lahko služijo tudi, kot topotni stabilizatorji za druge adhezivne materiale. So fleksibilni in imajo dobro udarno trdnost, odporni so na vlago, vročo vodo, oksidacijo ter druge vremenske vplive. Silikoni se strujejo pod vplivom zračne vlage, z dviganjem temperature pa lahko pospešimo proces strjevanja. Največja prednost silikonov pred vsemi ostalimi adhezivi je njihova odlična odpornost na vremenske vplive. Silikonske gume so posebna vrsta silikonov, ki so odporne na vlago, vročo vodo, oksidacijo, ozon, kemikalije ter vremenske vplive, fleksibilnost pa lahko obdržijo tudi pri nizkih temperaturah, Shields [13].

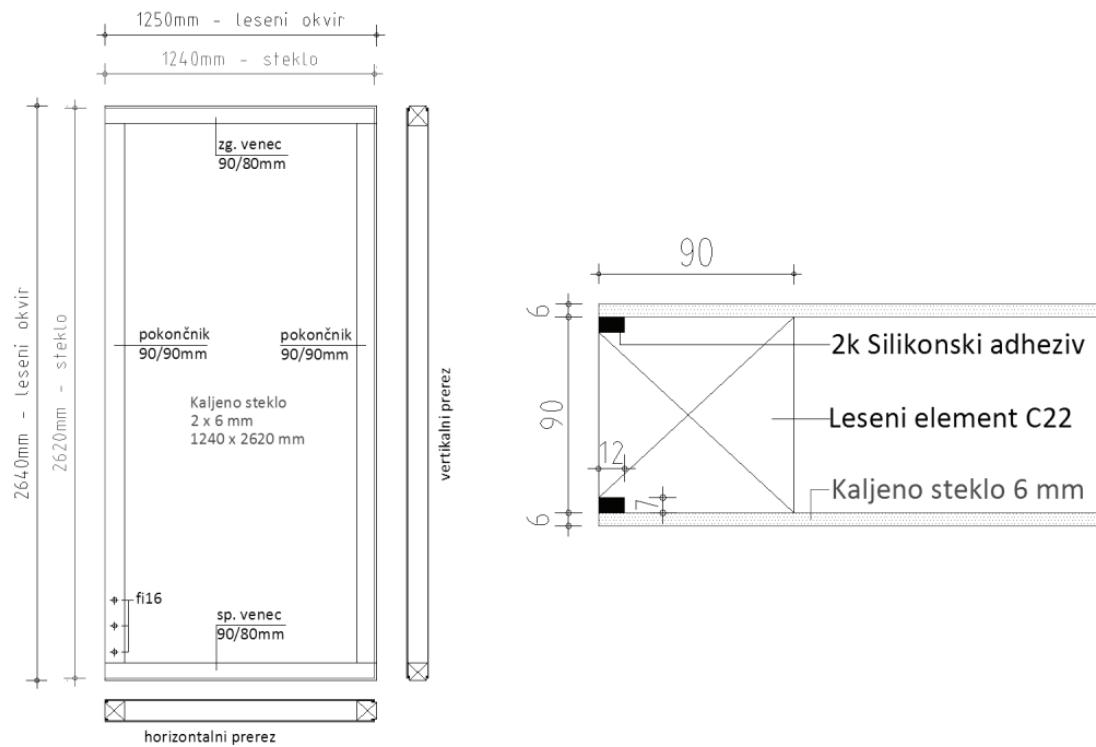
V zadnjih letih narašča število raziskovalnih projektov na tematiko lepljenja steklenih panelov. Omeniti velja skupina FKG - Fachverband Konstruktiver Glasbau [14], ki se osredotočajo na razvoj teoretičnih modelov silikonskih adhezivov na osnovi eksperimentov in simulacij po metodi končnih elementov. Cilj skupine je določiti pravila za dimenzioniranje in preproste kriterije ter določanje načina preizkušanja za različne primere uporabe. Raziskovalna skupina se ne omejuje samo na silikone, ampak bodo v prihodnosti raziskovali tudi druge adhezive, kot so akrilati, poliuretani in epoksiidi. Lepljeni spoji pa so seveda lahko točkovni, linijski ali ploskovni. Z raziskovanjem teh treh vrst spojev se je ukvarjal Weller [15]. Raziskovalno delo poteka teoretično in eksperimentalno. Strukturna lepila

so silikoni, poliuretani, akrilati in epoksi lepila. Lepljenje stekla v konstrukcijske namene je v praksi mogoče, seveda pa so nujno potrebna tehnična soglasja za konstrukcije in spoje te vrste, ugotavlja avtor. Linijske in točkovne lepljene spoje je raziskoval tudi Wellershoff [16]. Zanimalo ga je predvsem obnašanje spojev med stekлом in jeklom. V eksperimentalnih preiskavah se je osredotočal na vplive trajanja obtežbe in na različne vplive okolja, kot so UV sevanje, vlažnost in temperatura. Lepila, ki jih je uporabil za lepljenje so silikoni, akrilati, poliuretani in epoksi. Ugotavlja, da je strižna togost poliuretanov in akrilatov večja od silikona. Po drugi strani pa strižna togost poliuretanov in akrilatov pada pri povečanju temperature medtem, ko togost silikona ostane nespremenjena.

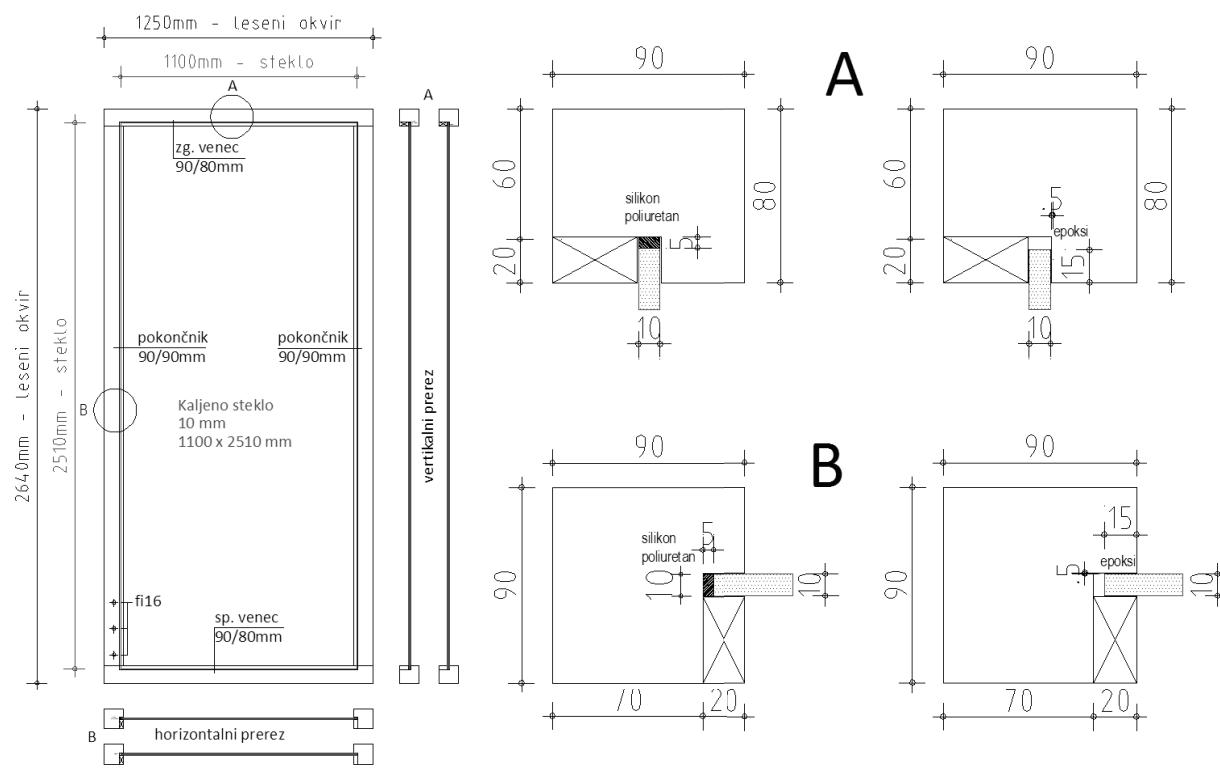
4. EKSPERIMENT IN ANALIZA

4.1 Opis preizkušancev

Preiskave smo izvajali v Laboratoriju za raziskave materialov in konstrukcij Fakultete za gradbeništvo v Mariboru. Izvedli smo raziskave horizontalne nosilnosti panelnih stenskih elementov z obojestransko in enojno oblogo iz stekla, ki je z lepilom pritrjena na leseni okvir. Preizkušanci sestavljeni iz lesenega okvirja zunanjih gabaritov 1250/2640 mm, predstavljajo nekdanjo standardno mero stenskih panelov, ki so bili v preteklosti testirani z drugimi vrstami obložnih plošč, Premrov in Doblila [17]. Pokončnika sta dimenzijs 90/90 mm, venca pa 90/80 mm. V spodnjem levem vogalu panela so vidne tri luknje premera 16 mm skozi katere je panel vpet v streme. Na leseni okvir je v prvem konceptu (ST-O) stekleni panel iz kaljenega stekla zunanjih mer 1240/2620 mm in debeline 6 mm pritrjen obojestransko (slika 4.1), v drugem konceptu (slika 4.2) pa je stekleni panel iz kaljenega stekla zunanjih mer 1100/2510 mm in debeline 10 mm postavljen v središče prereza. V lesenem okvirju je vnaprej pripravljen utor, v katerega vtsnemo adheziv. Uporabljeni adhezivi za linijski spoj med lesom in steklom so dvo-komponentni silikon, eno-komponentni poliuretan ter dvo-komponentni epoksid, proizvajalca Körnerling. Plast adheziva je pri prvem konceptu s silikonskim adhezivom dimenzijs 12/7 mm, pri drugem konceptu pa 10/5 mm za silikonski (ST-S) in poliuretanski (ST-P) adheziv ter 15/0,5 mm za epoksidni adheziv (ST-E).



Slika 4.1: Tehnična risba koncepta z obojestransko stekleno obložno ploščo



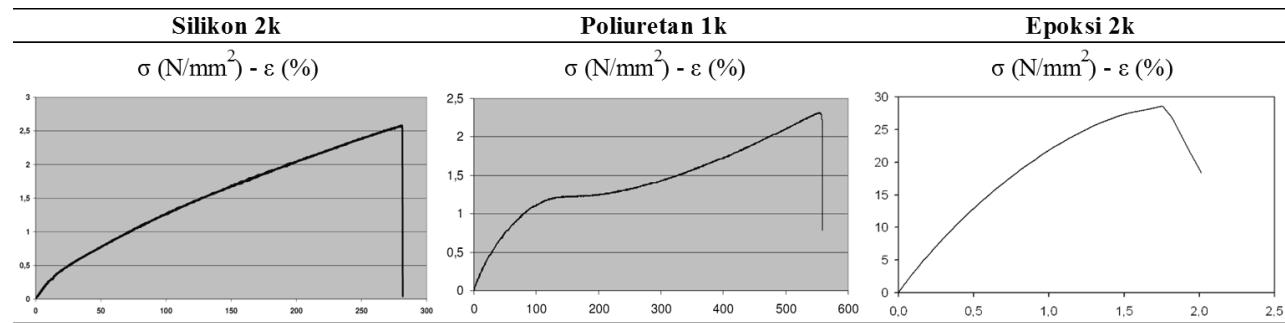
Slika 4.2: Tehnična risba koncepta z enojno steklano ploščo

Lesene okvirje smo izdelali iz lesa trdnostnega razreda C22 po EN 338:2003 [18], steklene plošče pa so iz kaljenega natrij-kalcijevega silikatnega varnostnega stekla po EN 12150-1 [19]. Podatke in karakteristike uporabljenih materialov prikazujeta naslednji tabeli:

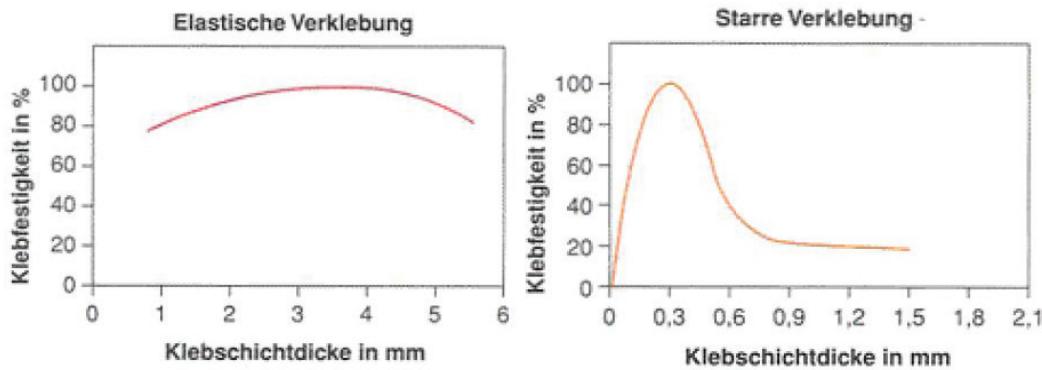
Tabela 1: Karakteristike uporabljenih materialov

	$E_{0,m}$ [N/mm ²]	G_m [N/mm ²]	$f_{m,k}$ [N/mm ²]	$f_{t,0,k}$ [N/mm ²]	$f_{c,0,k}$ [N/mm ²]	ρ_k [kg/m ³]	ρ_m [kg/m ³]
Leseni okvir C22	10000	630	22	13	20	340	410
Kaljeno steklo EN 12150	70000	28455	120	45	500	2500	2500

Tabela 2: Delovni diagrami uporabljenih adhezivov

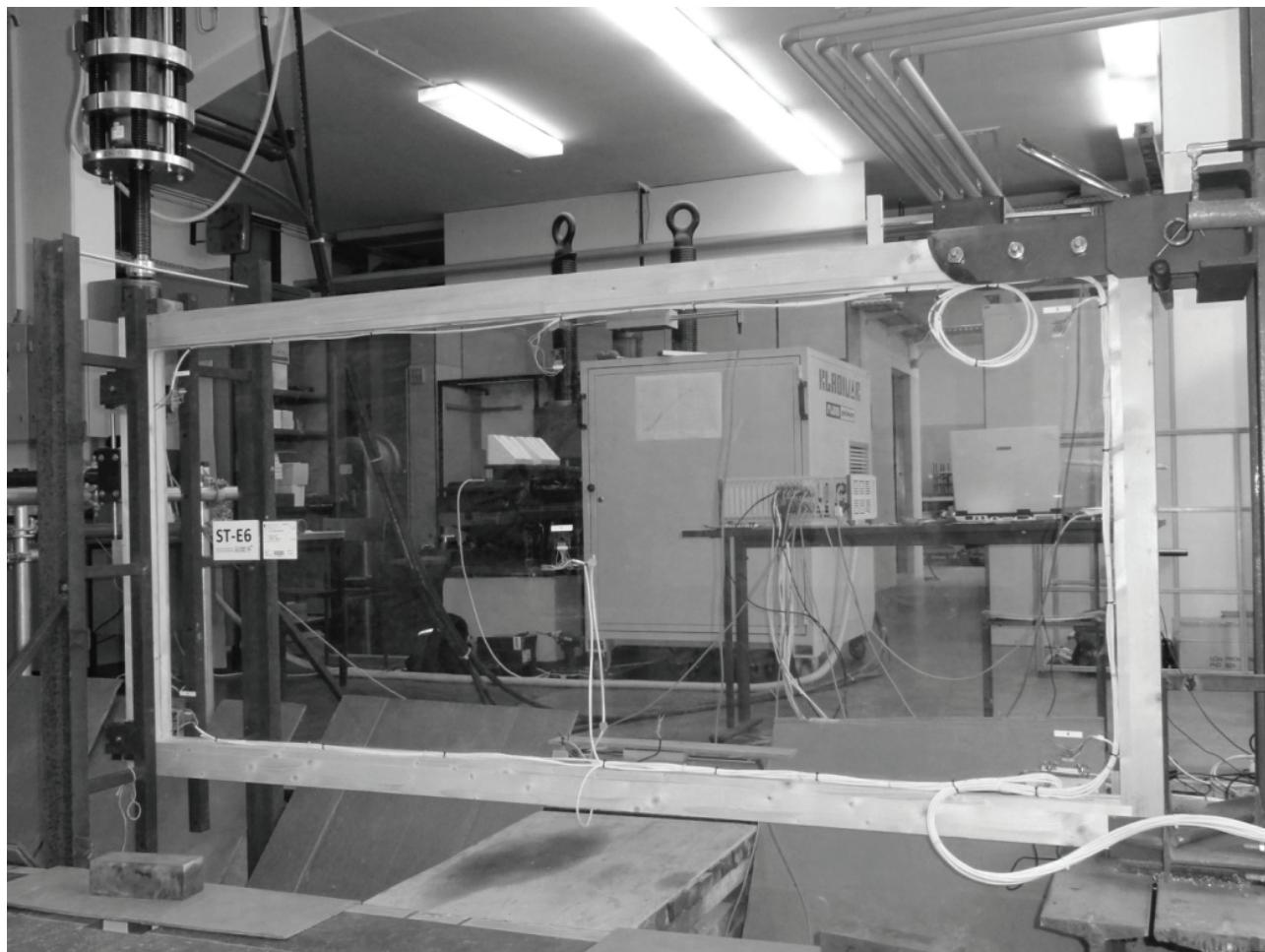


Pri določitvi debeline lepljenega spoja smo upoštevali diagram priporočljive vrednosti debeline adheziva, ki ga prikazuje slika 4.3, Wurm [8].



Slika 4.3: Diagram priporočljive vrednosti debeline adheziva po Wurm [8].

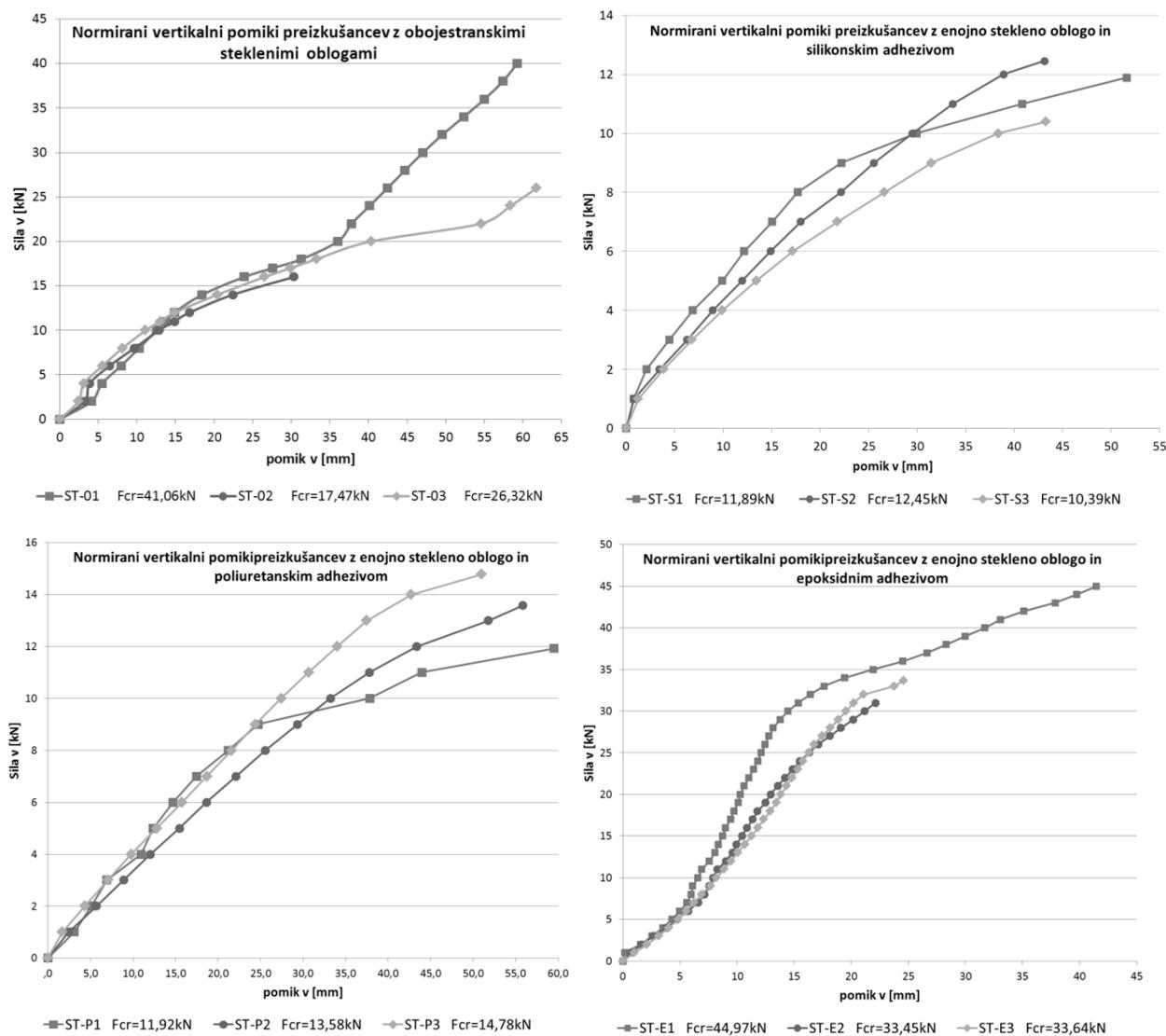
Vzorci so zaradi pogojev aparata za preizkušanje zarotirani za 90° glede na dejanski položaj in na levi pokončnik s tremi navojnimi palicami $\Phi 16$ vpeti v streme. Vzorci so torej konzolno vpeti v togi jekleni okvir in izpostavljeni točkovni obtežbi, ki predstavlja horizontalno obremenitev (slika 4.4). Panele od vrednosti 0 do 10,0 kN obremenjujemo s hitrostjo prirastka obtežbe $2,0 \text{ kN} / 250 \text{ s}$, od 10,0 kN do porušitve pa s hitrostjo $2,0 \text{ kN} / 200 \text{ s}$. Meritve prve testne skupine smo omejili na meritve pomika w in zdrsov v natezni coni (Δ_{zg}) in v tlačni coni (Δ_{sp}) v priključni ravnini med lesenim okvirjem in steklenimi oblogami. Pri naslednjih testnih skupinah smo dodali še merilne lističe (strain-gage), s pomočjo katerih smo merili deformacije v lesenem okvirju in steklenih ploščah.



Slika 4.4: Dispozicija preizkusa

4.3 REZULTATI IN DISKUSIJA

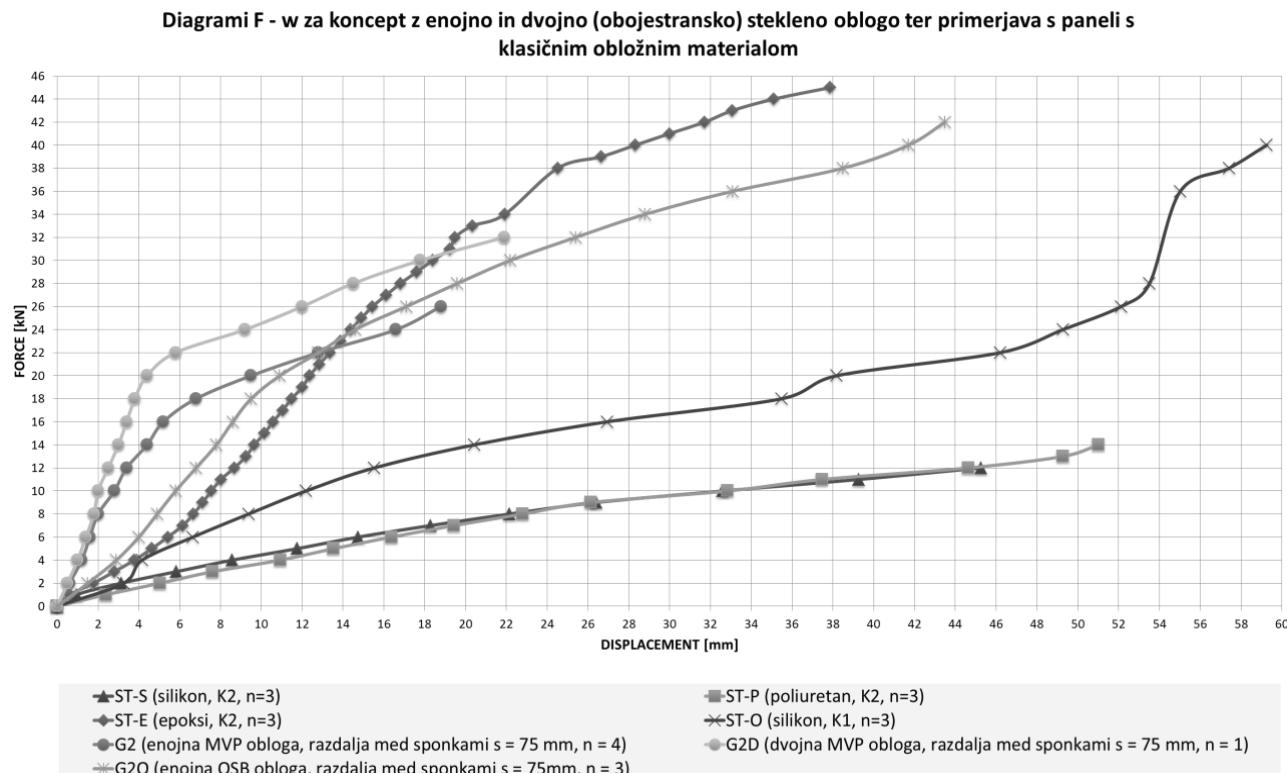
Rezultati preizkusa posameznih preizkušancev testnih skupin ST so zbrani na sliki 4.5, ki prikazuje normirane srednje vrednosti pomikov w v odvisnosti od sile F. Vrednosti vertikalnih pomikov w smo normirali na način, da smo odšteli pomike zaradi gnetenja spodnjega venca v tlačni podpori in pomike med pokončnikom in sidrnimi veznimi sredstvi v natezni podpori. Pri preizkušancih skupine ST-O ter ST-E smo bili priča eksplozivni porušitvi steklenih oblog. Pri preizkušancih skupin ST-S ter ST-P pa je porušitev nastopila zaradi razpada obremenjenega vogala lesenega okvirja. Diagrami posameznih preizkušancev z različnimi steklenimi oblogami (slika 4.5), pa v legendi izkazujejo tudi vrednosti porušnih sil, ki se gibljejo od 10,0 kN pa vse do 45,0 kN.



Slika 4.5: Normirane srednje vrednosti pomikov posameznih preizkušancev z steklenimi oblogami

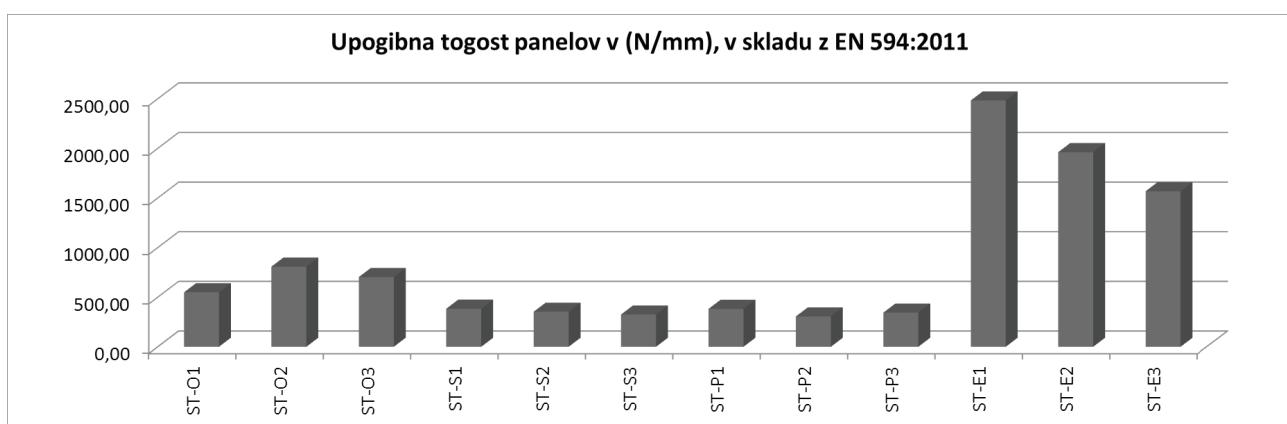
Pri skupini preizkušancev ST-O je glede na malo število, raznos velik (porušne sile se namreč gibljejo med 17,5 kN in 41,0 kN). Zato smo razloge iskali predvsem v izvedbi in odležanem času silikonskega lepila. Preizkušanec ST-O1 je imel odležani čas, tj. čas strjevanja adheziva najdaljši, kar se je odrazilo na nosilnosti. Preizkušanca ST-O2 in ST-O3 sta bila lepljena istočasno, testirali pa smo ju z nekajdnevnim zamikom in sicer najprej ST-O2 in nato ST-O3. Nosilnost je tako pri drugem preizkušancu ST-O2 z najkrajšim odležanim časom najmanjša. Izvedba nanosa lepila pri preiskušancu ST-O3 se je nekoliko razlikovala v primerjavi s ST-O1 in ST-O2.

Vzorce s steklenimi oblogami smo primerjali s testnimi skupinami stenskih panelov z različnimi obložnimi ploščami (slika 4.6) po Kuhta [20]. Skupina ST-E se lahko po togosti in nosilnosti primerja z G2O. Skoraj identično togost in nosilnost opažamo pri skupinah ST-S in ST-P. Nadalje je razvidno, da se preizkušanci G2, G2D in G2O do pojava prve razpoke v obložni plošči obnašajo skoraj linearne-elastično, ob nadaljevanju preizkusa pa pri G2 in G2D drastično pada togost zaradi povečanih zdrsov v priključnih ravninah, kot posledica plastifikacije veznih sredstev.



Slika 4.6: Normirane srednje vrednosti pomikov preizkušancev z različnimi oblogami

Togost stenskih elementov s steklenimi oblogami (slika 4.7) in mehkejšimi adhezivi (ST-O, SP-S, SP-P) je bistveno manjša (z izjemo skupine ST-E), kot pri klasičnem obložnem materialu. V praksi bi to pomenilo težave pri zagotovitvi pogoja mejnega stanja uporabnosti. Vzrok za ta pojav je v veliki podajnosti stika med stekleno oblogo in lesenim okvirjem, ki pa ga moramo omogočiti zaradi bistveno različnih mehanskih lastnosti teh dveh materialov, še zlasti pri veliki temperaturni obremenitvi.



Slika 4.7: Upogibna togost preizkušancev z različnimi steklenimi oblogami in adhezivi

5. ZAKLJUČEK

Rezultati eksperimentalnih preiskav so nas pozitivno presenetili, saj nismo pričakovali tako visokih vrednosti porušnih sil, ki so primerljive z vrednostmi eksperimentalnih preiskav z običajnim obložnim materialom (MVP, OSB). Nadaljnje raziskovalno delo bo zato posledično usmerjeno predvsem v numerično in eksperimentalno analizo panelov, pri katerih bomo variirali med tipi adhezivov (silikon, poliuretan, epoksi) in debelino lepljenega spoja, ki lahko močno vplivajo na togost in nosilnost panelov. Eksperimentalne preiskave bomo nadaljevali s ciklično statično preiskavo, poizkušali pa bomo izboljšati detajl vogalnega spoja lesenega okvirja, ki je trenutno šibki člen pri preizkušancih z mehkimi adhezivi. Dosedaj izvedene raziskave v smislu povezave stekla in lesa ter nosilnosti steklenih panelov v ravnini [9, 10, 11], nam bodo v prihodnje služile za primerjavo rezultatov. Naš končni cilj pa ni zgolj dokazovanje nosilnosti steklenih panelov pri statični obremenitvi, ampak tudi preiskava nosilnosti pri dinamičnih obremenitvah.

6. ZAHVALA

Za sodelovanje se zahvaljujemo podjetjem Kager hiša, Marles, Reflex in Ko-glas. »Operacijo delno financira Evropska unija, in sicer iz Evropskega socialnega sklada. Operacija se izvaja v okviru Operativnega programa razvoja človeških virov za obdobje 2007 – 2013, 1. razvojne prioritete: Spodbujanje podjetništva in prilagodljivosti, prednostne usmeritve 1.1.: Strokovnjaki in raziskovalci za konkurenčnost podjetij.«



7. LITERATURA

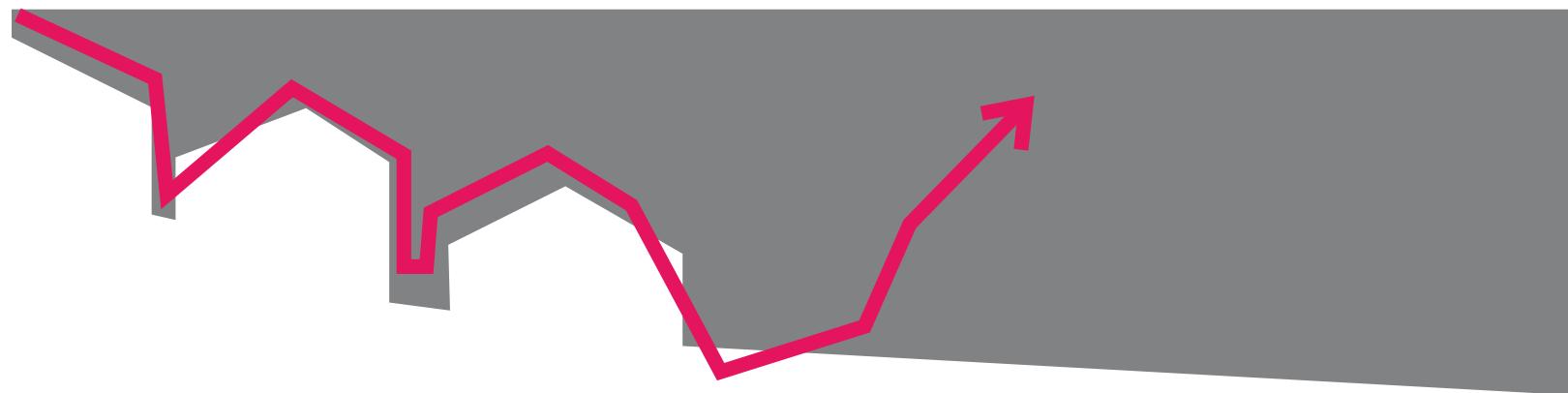
- [1] Kitek Kuzman M., Wood in Contemporary Slovenian Architecture: 2000-2010 – 1. part. Biotehniška fakulteta – oddelek za lesarstvo, Fakulteta za arhitekturo, Ljubljana, 2010.
- [2] Premrov M., Dobrila P., Lesene Konstrukcije. Fakulteta za gradbeništvo, Univerza v Mariboru, Maribor, 2008.
- [3] Kolb J., Systems in Timber Engineering. Birkhäuser Verlag AG, Basel - Boston - Berlin, 2008.
- [4] Toratti T., Seismic Design of Timber Structures. Espoo; April 2001.
- [5] Ceccotti A., Karacabeyli E., Seismic design considerations on multi-storey wood-frame structures. Cost E5 workshop on constructional aspects of multi-storey timber buildings, UK; 1998.
- [6] CEN (Comité Européen de Normalisation). Eurocode 5: Design of Timber Structures, Part 1-1 General rules and rules for buildings, EN 1995-1-1, Bruselj; 2004.
- [7] CEN. EN 594:2011: Timber structures – Test methods – Racking strength and stiffness of timber frame wall panels. Bruselj; 2011.
- [8] Wurm J., Glass Structures – Design and Construction of Self-Supporting Skins. Birkhäuser Verlag AG, Basel - Boston – Berlin; 2008
- [9] Niedermaier P., Shear-Strength of Glass Panel Elements in Combination with Timber Frame Constructions, Proceedings of the 8th International Conference on Architectural and Automotive Glass (GPD), Tampere, Finska; 2003.
- [10] Schober K.P., Leitl D., Edl T., Holz-Glas-verbundkonstruktionen zur Gebäudeaussteifung. Magazin für den Holzbereich, Heft 1, Holzforschung Austria, Dunaj, Avstrija; 2006.
- [11] Blyberg L., Timber/Glass Adhesive Bonds for Structural Applications. PhD thesis, Linnaeus University, School of Engineering, Report No. 10, Växjö, Švedska; 2011.
- [12] Habenicht G., Applied Adhesive Bonding. A Practical Guide For Flawless Results. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim, Nemčija, 2009.
- [13] Shields J., Adhesives Handbook – III. Edition. Butterworth & Co (Publishers) Ltd, UK, 1984.
- [14] FKG – Fachverband Konstruktiver Glasbau e.V., www.glas-fkg.org
- [15] Weller, B., Designing of Bonded Joints in Glas Structures, Proceedings of the 10th International Conference on Architectural and Automotive Glass (GPD), pp. 74-76, Tampere, Finska; 2007.
- [16] Wellershoff, F., Nutzung der Verglasung zur Aussteifung von Gebäudehüllen, PhD thesis, Schriftenreihe – Stahlbau RWTH Aachen, Heft 57, Shaker Verlag, Aachen, Nemčija; 2006.
- [17] Premrov M., Dobrila P., Numerical analysis of sheathing boards influence on racking resistance of timber-frame walls. Adw Eng Softw; 2011.
- [18] CEN. EN 338:2003 E: Structural timber – Strength classes. Bruselj; 2003.
- [19] CEN. EN 12150-1:2000: Glass in building – Thermally toughened soda lime silicate safety glass – Part 1: Definition and description. Bruselj; 2000.
- [20] Kuhta M., Numerično modeliranje vpliva veznih sredstev na horizontalno nosilnost lesenih okvirnih stenskih elementov. Doktorska disertacija



ENERGIJSKA SANACIJA

OBSTOJEĆE VEČSTANOVANSKE STAVBE

Tina Špegelj



MARIBOR, 2012

ENERGIJSKA SANACIJA OBSTOJEČE VEČSTANOVANJSKE STAVBE

Energy saving renovation of an existing apartment building

TINA ŠPEGELJ

Rihter d.o.o.,

Loke 40, 3333 Ljubno ob Savinji,

tina.spegelj@rihter.si

Povzetek

Prispevek predstavlja pristop k energijski sanaciji obstoječe večstanovanjske stavbe. Stavba se nahaja na območju Mestne občine Velenje, kjer je zaradi hitro rastoče industrije v preteklosti intenzivno potekala gradnja večstanovanjskih stavb. Izbrana večstanovanjska stavba je bila zgrajena leta 1951, se pravi v času ohlapne zakonodaje na področju energijske učinkovitosti. Do danes na stavbi ni bilo izvedenih večjih posegov, opravljali so se le nujni vzdrževalni ukrepi. Bistvo prispevka je v prikazu posameznih delnih faz energijske sanacije stavbe, ki se stopnjujejo dokler ne zadostijo zahtevam trenutno veljavne zakonodaje na področju energijske učinkovitosti stavb. Predstavljena je vsaka posamezna faza in njen vpliv na energijsko učinkovitost stavbe.

Ključne besede: energijska učinkovitost, energijsko učinkovita prenova, stavbni fond

Summary

The article describes energy saving renovation of an existing energy inefficient apartment building. The building is located in municipality of Velenje where in the past fast growing industry enabled intensive construction of apartment buildings. The selected apartment building has been built in 1951 in times of lax legislation as regards to energy efficiency. No major renovation has been done on the building and only regular maintenance tasks have been performed in the past. The article is focused on each partial energy saving measure that is being undertaken until the requirements of existing energy efficiency legislation are being met. Each individual measure and its effect on energy efficiency of the building is described.

Key words: energy efficiency, energy efficient renovation, the building stock

1. UVOD

Svarila v zvezi z okoljskimi spremembami so trenutno med najaktualnejšimi temami. Izmed vseh načinov onesnaževanja se izpusti toplogrednih plinov, predvsem plina CO₂, najpogosteje izpostavlja. Fosilna goriva, ki povzročajo veliko emisij CO₂, so pogosto glavni vir energije za ogrevanje stavb in pripravo tople sanitarne vode. Pretežen delež obstoječega stavbnega fonda sestavljajo predvsem energijsko potratne stavbe, ki so bile zgrajene v času, ko je bila zakonodaja na področju energijske učinkovitosti zelo ohlapna. Za zagotavljanje ugodne bivalne klime te stavbe porabijo veliko energije in s tem posledično vplivajo na povečanje deleža emisij toplogrednih plinov. Novejše stavbe, grajene po letu 2008 so energijsko varčnejše od obstoječih. K temu je veliko pri pomogla zakonodaja, ki narekuje gradnjo energijsko varčnejših stavb. Svoj delež je prispevala tudi osveščenost investitorjev glede okoljske problematike in rastoče cene energentov. Potencial za prihranek energije torej predstavljajo obstoječe, energijsko potratne stavbe.

2. STANJE V EVROPI

Glavni porabniki energije in posledično onesnaževalci okolja v svetu so transport, industrija in stavbe. V državah evropske unije (EU) obstoječ stavbni fond za svoje delovanje porabi 40% končne energije. Stanovanjske stavbe porabijo 63% vse energije namenjene delovanju stavbnega fonda, ne-stanovanjske stavbe pa 37%. Največji delež energije v stanovanjskih stavbah se porabi za ogrevanje prostorov (67%). Razlog za tako visoko porabo energije v stanovanjskih stavbah je v njihovi starosti. Več kot polovica vseh stanovanjskih stavb v EU je bilo zgrajenih pred letom 1970 [1]. Do leta 1970 je bila zakonodaja na področju energijske učinkovitosti stavb zelo ohlapna. Zaradi nizkih cen energentov se s porabo energije nihče ni ukvarjal. Po prvi naftni krizi so se stvari začele počasi spremnijati. S spremnjanjem zakonodaje so države začele predpisovati obvezno uporabo toplotno izolacijskih materialov v stavbah. Poraba energije za delovanje stavb pa ni v vseh državah članicah EU enaka. Največjo količino energije za delovanje stavb porabijo Nemčija, Francija, Velika Britanija in Italija [2]. Glede na razmerje med porabo energije za delovanje stavb in porabo vse energije v državi imajo največjo porabo energije za delovanje stavb Latvija (56,9%), Madžarska (56,1%), Estonija (53,5%), Poljska (53%) in Litva (50,7%) [3].

3. ENERGIJSKA UČINKOVITOST OBSTOJEČIH OBJEKTOV

Prva razmišljanja o energijski učinkoviti gradnji in prenovi stavb, ter s tem zmanjšanju energije potrebne za ogrevanje stavb se v svetu in Sloveniji pojavljajo po prvi naftni krizi leta 1973 ter drugi naftni krizi leta 1979. V tem obdobju o energijski učinkoviti gradnji in prenovi, kot jo poznamo danes, ne moremo govoriti, saj je bil poudarek le na toplotni izolaciji zunanjega ovoja stavbe ter zatesnitvi odprtin. Zaradi ponovnega upada cen nafte in zemeljskega plina sredi osemdesetih let se gibanja na področju energijske učinkovitosti umirijo. Šele v devetdesetih letih se ponovno začne poudarjati energijska učinkovitost stavbe kot celote.

V Belgiji so se po prvi naftni krizi leta 1973 začele prve spremembe na področju rabe energije v stavbah. Začelo se je intenzivno obveščanje javnosti o možnostih prihranka energije v stavbah. Hens [4] je po več kot tridesetih letih truda za energijsko učinkovitost v stavbah v Belgiji na primeru mesta Flanders naredil študijo vpliva sprememb na energijsko učinkovitost v obstoječih stavbah. Presenetljiva ugotovitev raziskave je, da se poraba energije v tem času, kljub zaostrovjanju zakonodaje, ni zmanjšala temveč povečala. Razlogov za takšno stanje je več. Prvi razlog je pomanjkanje interesa in znanja projektantov v času načrtovanja stavb. Drugi pomemben razlog, ki je v stroki prisoten še danes je v nepravilnem upoštevanju stroškov, pri čemer se gledajo samo stroški izgradnje, ne pa tudi stroški potrebnii za obratovanje stavbe v naslednjih letih. Izvajalcem del se je reševanje toplotnih mostov in zatesnitev rež zdelo nepotrebno in nadležno. Naivnost vlade, da so investitorji dovolj osveščeni, da bodo sami upoštevali predpise, prispeva največji delež k slabim rezultatom.

V Sloveniji se je od leta 1875 zvrstilo več predpisov, ki pa so predpisoval le največjo dovoljeno toplotno prehodnost zunanjega zidu. Leta 1984, ko stopi v veljavo Pravilnik o racionalni rabi energije pri gretju in prezračevanju objektov ter pripravi tople vode, se prvič omenja poraba energije v stavbah. Do takrat je v Sloveniji zgrajenih že več kot 78% vseh večstanovanjskih stavb. Naslednjih 18 let na področju zakonodaje ni sprememb. Leta 2002, 2008 in 2010 se zvrstijo kar trije pravilniki o učinkoviti rabi energije v stavbah, vsak s strožjimi zahtevami.

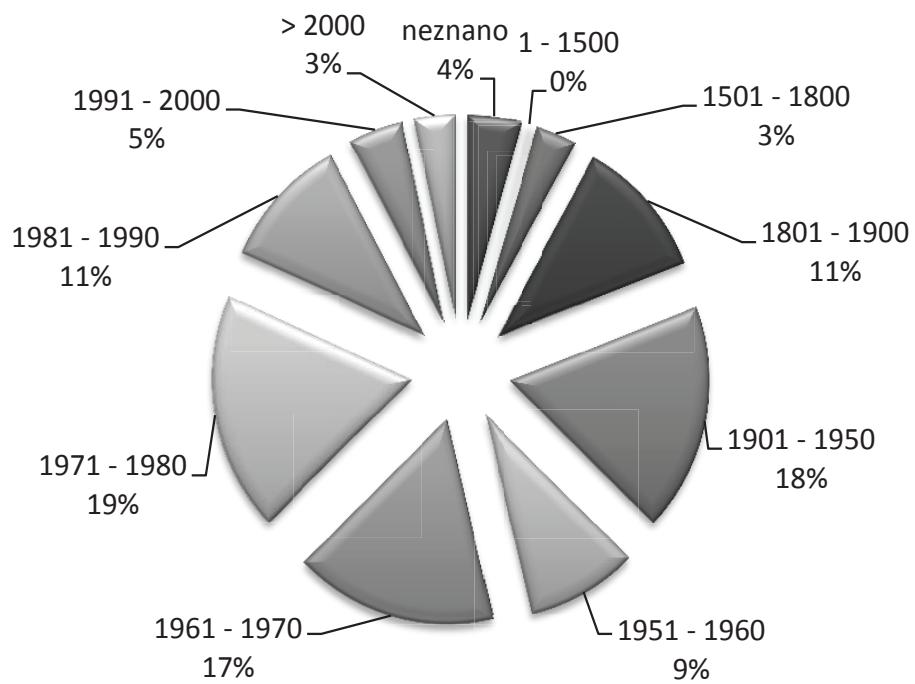
Ocenjena vrednost porabe energije za ogrevanje v enostanovanjskih in večstanovanjskih stavbah

glede na leto izgradnje je prikazana v Preglednici 1. Prav tako je prikazana zakonsko predpisano največja dovoljena toplotna prehodnost zunanje stene v posameznih obdobjih.

Preglednica 1: Poraba energije v stavbi in toplotna prehodnost zunanje stene glede na leto izgradnje stavbe [3].

Leto gradnje stavbe	do 1965	do 1968	do 1970	do 1977	do 1980	do 1983	do 1987	do 1990	do 1995	do 2000
Enostanovanske stavbe [$\text{kWh}/\text{m}^2\text{a}$]	> 200	150	140	140	120	120	120	120	90	80
Večstanovanska stavba [$\text{kWh}/\text{m}^2\text{a}$]	> 180	170	130	130	100	100	100	100	90	70
U zunanje stene [$\text{W}/\text{m}^2\text{K}$]	1,29	1,29	1,29	1,28 1,45 1,68	1,28 1,45 1,68	1,22 0,93 0,93	1,22 0,93 0,93	1,20 0,90 0,80	1,20 0,90 0,80	1,20 0,90 0,80

Iz Grafa 1 je razvidno, da je večina večstanovanjskih stavb (97%) bila zgrajena v obdobju pred letom 2002, se pravi pred zaostritvijo zakonodaje na področju energijske učinkovitosti. Za te stavbe je značilno, da za ogrevanje porabijo 80 $\text{kWh}/\text{m}^2\text{a}$ energije. Ovoj stavbe ni ali pa je minimalno toplotno izoliran s toplotno prehodnostjo zunanje stene 0,80 $\text{W}/\text{m}^2\text{K}$ ali višjo vrednostjo. Kvaliteta stavbnega pohištva je slaba. Iz navedenega lahko sklepamo, da je večina obstoječih večstanovanjskih stavb v Sloveniji energijsko potratnih.



Graf 1: Delež večstanovanjskih stavb glede na leto izgradnje v Sloveniji [5].

4. OBNOVE VEČSTANOVANJSKIH OBJEKTOV

Obnova energijsko potratnih objektov se je že izvajala v Sloveniji in drugih državah. Dokaz za to so že izvedene delne in celovite obnove energijsko potratnih objektov, ki so predstavljene v Preglednici 1. Predstavljenih je nekaj primerov obnov večstanovanjskih stavb, ki so bile zgrajene med letom 1953 in letom 1982.

Preglednica 2: Primeri dobre prakse pri obnovi večstanovanjskih objektov [6].

Država	Kraj	Leto izgradnje	Poraba pred prenovo [kWh/m ²]	Poraba po prenovi [kWh/m ²]	Prihranek [%]
Nizozemska	Haarlem	1960	207	61	71
	Raamsdonk	1963-69	240	120	50
	Hoogeveen	1969	248	113	54
	Roermond	1970	205	103	50
	Leidschendam	1965	179	104	42
Nemčija	Ludwigshafen	1960-62	250	15	94
Švedska	Gaardsten	1970	275	165	40
Danska	Gyldenrisparken	1965-69	147	69	53
	Lineagarden	1920	149	84	44
	Sundevedsgade	1880	150	86	43
Francija	Chatelet 3 - Actis	1966	191	92,5	52
Švica	Geneva	1953	214	42	80
Bolgarija	Radomir 1	1980	198	107	46
	Radomir 2	1980	192	102	47
	Radomir 3	1980	166	90	46
Avstrija	Ried	1979	75	30	60
	Wartberg	1979	122	47	61
Slovenija	Jesenice	1961	283	161	43
	Ljubljana 1	1975	252	92	63
	Ljubljana 2	1965	252	92	63
	Sladki vrh	1982	114	89	22
	Kranj	1963	227	116	49
	Slovenske Konjice	1975-77	136	80	41

Iz Preglednice 1 so razvidni prihranki energije pri obnovah posameznih večstanovanjskih objektov v različnih državah. Nižji prihranki so posledica delne energijske prenove objektov, medtem ko je večje prihranke energije možno doseči le s celovitimi energijskimi prenovami objektov. Iz primerov energijskih prenov v Sloveniji je razviden trend obnove po posameznih fazah. Najpogosteje se izvede zamenjava stavbnega pohištva ter izboljša izolacijske lastnosti fasade in strehe. S pričujočo študijo želimo preveriti, kako učinkovita je prenova stavbe po posameznih fazah in do kakšne mere je potrebno stavbo prenoviti, da bo ustrezala zakonsko predpisanim zahtevam po energijski učinkovitosti objeta [7].

5. STANOVANJSKI BLOK NA JENKOVI CESTI V VELENJU

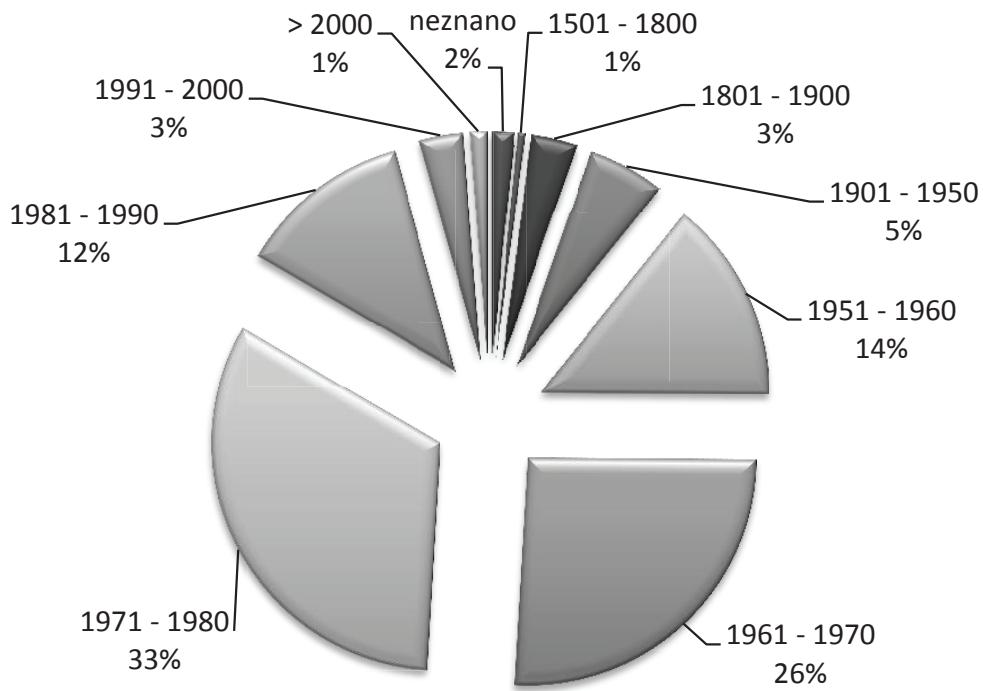
V tem delu prispevka bomo ne primeru stanovanjskega bloka zgrajenega leta 1951 prikazali vpliv posameznih faz prenov na energijsko učinkovitost bloka. Blok sestavlja 18 stanovanj, katerih skupna uporabna površina znaša 1.252,57 m². Stanovanja so razporejena v treh nadstropjih, povezuje jih hodnik s stopniščem, pod stanovanji je delno vkopana klet. Od postavitve do danes se na bloku ni izvajalo večjih posegov, le nujna vzdrževalna dela. Stanovanja v bloku se ogrevajo preko daljinskega ogrevanja, kot vse ostale večstanovanjske stavbe v Velenju.



Slika 1: Izbrana večstanovanjska stavba

5.1 Lokacija objekta

Obravnavan stanovanjski blok se nahaja v Velenju, katerega razvoj je tesno povezan z razvojem Rudnika lignita Velenje. Velike zaloge lignita, so omogočile širjenje rudnika in posledično ustvarjanje novih delovnih mest. Za delavce, ki so se priseljevali iz celotne takratne Jugoslavije in drugih držav ter njihove družine je bilo potrebno v kratkem času zagotoviti dovolj primernih stanovanj. Začela se je intenzivna gradnja večstanovanjskih objektov. Velenje predstavlja le eno izmed slovenskih mest, ki so zaradi povečanih potreb po delovni sili v šestdesetih in sedemdesetih letih prejšnjega stoletja doživela izrazito širitev.



Graf 2: Delež večstanovanjskih stavb glede na leto izgradnje v Velenju [5].

Iz grafa 2 je razvidno, da se je v obdobju od 1951 do 1980 zgradilo približno 3/4 (425) večstanovanjskih stavb v Velenju. Zaradi velikega števila energijsko potratnih objektov v Velenju, ki potrebujejo obnovo, se odločimo za izvedbo študije.

5.2 Programska oprema

Meteorološki podatki za mesto Velenje so generirani s pomočjo programa Meteonorm 6. Programska oprema omogoča generiranje meteoroloških podatkov za katerikoli kraj. Prednost programske opreme je izbira oblike izpisa. Ena izmed možnosti izbire je generiranje podatkov primernih za vnos v programsко orodje PHPP.

Za izkaz energijske učinkovitosti izbrane večstanovanjske stavbe ter analizo vpliva posameznih postopkov prenove je uporabljeno programsko orodje Passive House Planning Package 2007 (PHPP 1998 - 2007). Programsko orodje je namenjeno za energijsko modeliranje stavb in omogoča izračun toplotnih prehodnosti konstrukcij, izračun energijske bilance stavbe, načrtovanje prezračevanja, potrebno energijo za ogrevanje in hlajenje objekta, moč naprave za ogrevanje, porabo energije za delovanje stavbe in poletno ugodje v stavbi.

5.3 Prenova

Na bloku izvajamo postopke energijske prenove po posameznih fazah, ki so prikazane v Preglednici 2. V začetnih fazah izvedemo posamezne faze prenove, pri čemer posamezni element toplotnega ovoja stavbe izboljšamo do meje, ki izpolnjuje zahteve trenutno veljavne zakonodaje [7,8]. V naslednjih fazah posamezne izvedene korake logično povezujemo in s tem stopnjujemo energijsko učinkovitost bloka. Z analizo rezultatov posameznih faz prenove in kombinacije le teh želimo preveriti, ali lahko kljub upoštevanju predpisanih vrednosti toplotne prehodnosti posameznih elementov ovoja stavbe zadostimo minimalnim zahtevam energijske učinkovitosti.

Osnovno stanje

Za izhodišče se prevzame stanje bloka iz leta 1951, torej iz časa njegove izgradnje. V času postavitve bloka, so se vgrajevala okna z enojno zasteklitvijo in lesenim okvirjem. Vhodna vrata v blok so bila lesena, brez polnil. Zunanje stene, streha ter stene med stopniščem in stanovanji so bile brez toplotne izolacije. Toplotne prehodnosti posameznih elementov so prikazane v Preglednici 2.

Faze prenove

V Preglednici 2 so predstavljene posamezne faze prenove. Faze 1 do 5 predstavljajo energijsko prenovo posameznih elementov toplotnega ovoja stavbe. Toplotne prehodnosti izboljšanih elementov toplotnega ovoja stavbe predstavljajo največje zakonsko dovoljene vrednosti toplotne prehodnosti [7,8]. Pri naslednjih fazah, od 6 do 9, se faze od 1 do 5 smiselno dopolnjujejo. Zamenjava stavbnega pohištva se izvede istočasno kot prenova fasade, kar omogoča prekrivanje okvirjev z izolacijo in s tem zmanjšanje toplotnih mostov zaradi vgradnje stavbnega pohištva. Vgradnja stavbnega pohištva po prenovi fasade tudi ni smiselna, saj pride do poškodbe izolacije in zaključnega sloja. V fazi 7 sledi nameščanje dodatne izolacije na ostrešje. Celotna obnova kleti je predvidena v fazi 8, kjer se poleg izoliranja vkopanih sten, tal in stropa pri vhodu v klet namestijo zrakotesna vrata. S tem se neogrevana klet loči od ostalih ogrevanih površin. Hodniki s stopniščem so delno ogrevani. V fazi 9 se zaradi tega stene med hodniki in stanovanji izolirajo, vgradijo se toplotno izolacijska vhodna vrata v stanovanja. Koraki 10, 11 in 12 prikazujejo možne faze prenove s katerimi dosegamo željen razred energijske učinkovitosti stavb, določen v Pravilniku o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb [9]..

Preglednica 3: Posamezne faze prenove

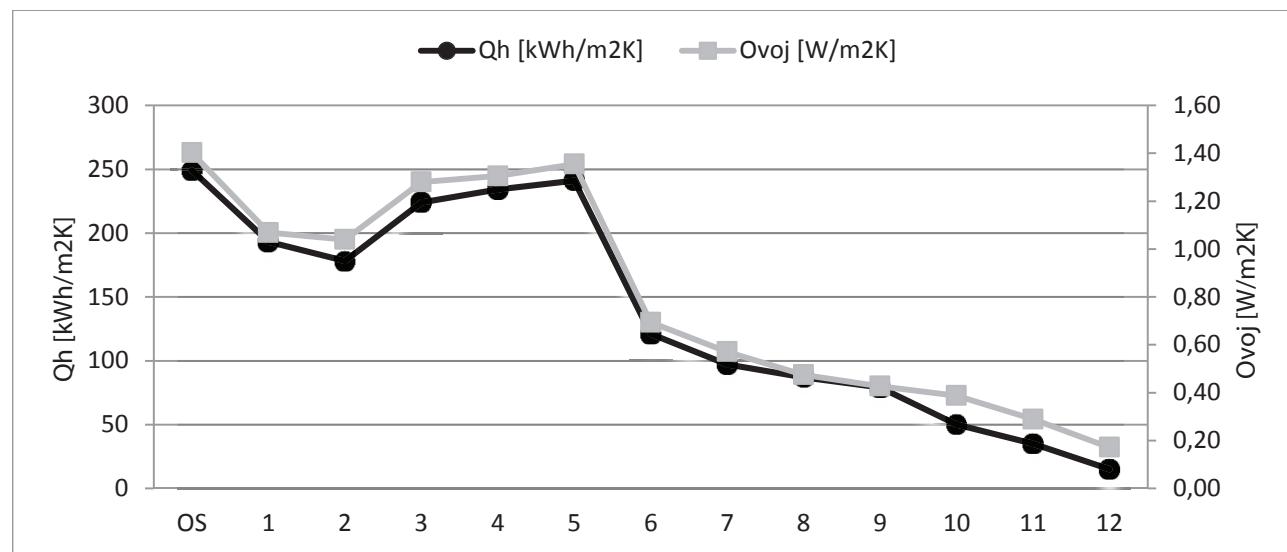
	Stavbno pohištvo [W/m ² K]	Fasada [W/m ² K]	Streha – strop [W/m ² K]	Klet [W/m ² K]	Stopnišče [W/m ² K]	Zrakotesnost [h ⁻¹]	Prezračevanje [%]
osnovno stanje	$U_d = 4,6$ $U_w = 5,7$	$U_s = 1,18$	$U_{st} = 0,74$	$U_{sv} = 2,16$ $U_{sz} = 2,16$ $U_{st} = 0,80$ $U_t = 1,00$	$U_{ss} = 1,31$ $U_{ds} = 2,19$	$n_{50} = 7,0$	= 0
1	$U_d = 1,1$ $U_w = 1,3$					$n_{50} = 5,0$	= 0
2		$U_s = 0,28$		$U_{sz} = 0,28$		$n_{50} = 6,5$	= 0
3			$U_{st} = 0,20$			$n_{50} = 6,5$	= 0
4				$U_{sv} = 0,35$ $U_{st} = 0,35$ $U_t = 0,35$		$n_{50} = 6,0$ [a]	= 0
5					$U_{ss} = 0,70$ $U_{ds} = 1,60$		= 0
6	$U_d = 1,1$ $U_w = 1,3$	$U_s = 0,28$		$U_{sz} = 0,28$		$n_{50} = 4,5$	= 0
7	$U_d = 1,1$ $U_w = 1,3$	$U_s = 0,28$	$U_{st} = 0,20$	$U_{sz} = 0,28$		$n_{50} = 4,0$	= 0
8	$U_d = 1,1$ $U_w = 1,3$	$U_s = 0,28$	$U_{st} = 0,20$	$U_{sv} = 0,35$ $U_{sz} = 0,28$ $U_{st} = 0,35$ $U_t = 0,35$		$n_{50} = 3,0$ [a]	= 0
9	$U_d = 1,1$ $U_w = 1,3$	$U_s = 0,28$	$U_{st} = 0,20$	$U_{sv} = 0,35$ $U_{sz} = 0,28$ $U_{st} = 0,35$ $U_t = 0,35$	$U_{ss} = 0,70$ $U_{ds} = 1,60$	$n_{50} = 3,0$ [a]	= 0
10	$U_d = 1,1$ $U_w = 1,0$	$U_s = 0,24$	$U_{st} = 0,20$	$U_{sv} = 0,35$ $U_{sz} = 0,28$ $U_{st} = 0,35$ $U_t = 0,35$	$U_{ss} = 0,70$ $U_{ds} = 1,60$	$n_{50} = 1,5$ [a]	= 83
11	$U_d = 1,1$ $U_w = 0,9$	$U_s = 0,16$	$U_{st} = 0,13$	$U_{sv} = 0,35$ $U_{sz} = 0,28$ $U_{st} = 0,13$ $U_t = 0,35$	$U_{ss} = 0,70$ $U_{ds} = 1,60$	$n_{50} = 1,0$ [a]	= 83
12	$U_d = 0,9$ $U_w = 0,8$	$U_s = 0,09$	$U_{st} = 0,09$	$U_{sv} = 0,35$ $U_{sz} = 0,28$ $U_{st} = 0,09$ $U_t = 0,35$	$U_{ss} = 0,09$ $U_{ds} = 0,90$	$n_{50} = 0,6$ [a]	= 83

U_d – vhodna vrata v stavbo, U_w – okna, U_s – zunanjega stena stanovanj, U_{st} – streha, strop mansarde, U_{sv} – zunanjega stene kleti – vkopane, U_{sz} – zunanjega stene kleti – nevkopana U_{st} – strop kleti, U_t – talna plošča, U_{ss} – stena med stopniščem in stanovanji, U_{ds} – vhodna vrata v stanovanje, η – delež vračanja toplote pri prisilnem prezračevanju, pri naravnem prezračevanju je $\eta = 0$,

[a] na stopnišču proti kleti se vgradijo zrakotesna vrata, s tem se zmanjša tudi volumen ogrevane površine stavbe

5.4 Rezultati

Vpliv posameznih faz prenove na porabo energije za ogrevanje stavbe in na povprečno topotno prehodnost ovoja stavbe prikazuje Graf 3.



Graf 3: Poraba energije za ogrevanje stavbe Q_h [kWh/m²K] in povprečna topotna prehodnost topotnega ovoja stavbe [W/m²K] za osnovno stanje ter postopke prenove.

Iz grafa je razvidno, da se poraba energije za ogrevanje stavbe (Q_h) in povprečna topotna prehodnost ovoja stavbe (Ovoj) spremunjata sorazmerno. Največ energije prihranimo z izboljšanjem topotno izolacijskih lastnosti fasade, ki je hkrati tudi največja izpostavljena površina stavbe. Zamenjava stavbnega pohištva je na drugem mestu glede prihranke energije. Enojna zasteklitev ima večjo vrednost g (skupni prehod sončne energije) in s tem omogoča večje dobitke energije zaradi sončnega sevanja. Visoka vrednost topotne prehodnosti oken posledično vpliva na velike transmisijske izgube, ki so nekajkrat večje od sončnih dobitkov, zaradi tega je vpliv kakovosti oken na energijsko bilanco velik [10].

Pri fazi 10 ne pride do sorazmerne spremembe med vrednostjo energije za ogrevanje stavbe in vrednostjo povprečne topotne prehodnosti ovoja stavbe. Razlog za to je vgraditev prisilnega prezračevanja z vračanjem topote odpadnega zraka, s čimer se zmanjšajo izgube energije zaradi prezračevanja, brez sprememb na ovoju stavbe.

Pri fazi 10 izvedemo ukrepe energijske prenove do te mere, da se stavba uvrsti v razred C energijske učinkovitosti. Pri fazi 11 so prikazane izboljšave potrebne za doseganje energijskega razreda B. Razred A energijske učinkovitosti pa dosežemo v fazi 12 [9]. Vsaka izmed faz 10, 11 in 12 prikazuje le eno izmed možnosti izboljšav topotnega ovoja stavbe za doseganje želenega standarda energijske učinkovitosti. Želeni standard energijske učinkovitosti bi lahko dosegli tudi z drugačnimi kombinacijami izboljšav.

6. ZAKLJUČEK

Predstavljena študija vpliva posameznih faz energijske prenove na energijsko učinkovitost obravnavane večstanovanske stavbe dokazuje, da zakonsko predpisane vrednosti toplotne prehodnosti posameznih elementov ovoja stavbe ne zadostujejo za doseganje minimalnih zahtev energijske učinkovitosti za stavbo, v kolikor se izvaja le delna prenova stavbe, npr. le zamenjava stavbnega pohištva. Največji vpliv na izboljšanje energijskega izkaza stavbe imata zamenjava stavbnega pohištva in izboljšanje toplotne prehodnosti zunanjih zidov, kar močno zmanjša transmisijske izgube in ima ob pravilni izvedbi velik vpliv na povečanje zrakotesnosti stavbe. Zrakotesne stavbe je potrebno redno prezračevati, saj se v nasprotnem primeru v njih zadržuje vlaga, ki povzroča nastajanje plesni ter povečana koncentracija plina CO₂. Zgolj naravno prezračevanje pa povzroča energijske izgube, zaradi česar veliko prebivalcev ne zrači stanovanj dovolj pogosto. Pri fazi 10 z vgradnjo prisilnega prezračevanja z vračanjem toplotne odpadnega zraka dosežemo minimalne zahteve energijske učinkovitosti, hkrati pa zagotovimo svež in čist zrak v stavbi. S prispevkom smo prikazali, da je za vidno izboljšanje energijske učinkovitosti primerna le kompleksna prenova stanovanjskih stavb.

7. ZAHVALA

»Operacijo delno financira Evropska unija, in sicer iz Evropskega socialnega sklada. Operacija se izvaja v okviru Operativnega programa razvoja človeških virov za obdobje 2007 – 2013, 1. razvojne prioritete: Spodbujanje podjetništva in prilagodljivosti, prednostne usmeritve 1.1.: Strokovnjaki in raziskovalci za konkurenčnost podjetij.«



8. LITERATURA

- [1] B. Poel, G. van Cruchten, C. A. Balaras, Energy performance assessment of existing dwellings, Energy and Buildings, 2007.
- [2] European Union, Statistical pocketbook 2010: EU energy and transport in figures.
- [3] Novelacija energetske zasnove mestne občine Velenje (študija). (2004).
- [4] H. Hens, Thirty years of action for energy efficiency in buildings: what are the results? Bauphysik, 2007.
- [5] Geodetska uprava Republike Slovenije, Statistike nad vhodnimi podatki Registra nepremičnin, 2008.
- [6] <http://ei-education.aarch.dk/index.php?id=478>
- [7] Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah, Uradni list RS št. 52/2010.
- [8] Tehnična smernica za graditev, TSG – 1 – 004:2010, Učinkovita raba energije.
- [9] Pravilnik o metodologiji izdelave in izdaji energetskih izkaznic stavb, Uradni list RS št. 77/2009.
- [10] V. Žegarac Leskovar, M. Premrov, Koncepti prenove lesenih montažnih stavb z uporabo zasteklitve. Mednarodni posvet Energetska učinkovitost v arhitekturi in gradbeništvu prenova stanovanjskih in javnih stavb, Maribor, november 2011.

Posvet poteka v okviru
mednarodnega projekta
MOVE



SREBRNI SPONZOR
RIHTER d.o.o.



BRONASTI SPONZOR
KAGER HIŠA d.o.o.
MARLES d.o.o.
WIENERBERGER d.d.

