

# Buildustry

Číslo: 1/2020    Ročník: IV    ISSN: 2454-0382    Vyšlo: 01.07.2020    Vydáva: Bria Invenia, s.r.o.

**Téma: Pozemné stavby - Hrubá stavba, Tepelná technika a Inovatívne materiály a prístupy návrhu ako odpoveď na recesiú...**

**Nervozita v stavebníctve**

Očakáva sa pokles viac než 10 %

**Zrýchlenie výstavby**

Veľkoformátové murovacie prvky

3D Tlač

**Príestorové plánovanie vo facility manažmente**

**Teplotechnika:**

... Ocelových balkónov

... Rôznych skladieb stien s ETICS

... Detailov ŽB venca

**Eliminácia zmrašťovania**

**Škály v konštrukciách**

**Sadanie podložia násypov**

**Prieskum kaštieľa v Malackých**

## OBSAH:

- **Editoriál - Príhovor**
- **Stavebný trh**  
Čo hovoria analýzy hospodárstva a stavebníctva
- **Právna poradňa**  
Drobná stavba – Veľký spor
- **Manažment**  
Návrh metodiky pre výber nízko-nákladových bytových domov  
Priestorové plánovanie vo facility managemente
- **Stavebníctvo a udržateľný rozvoj**  
3D tlač a jej súčasný stav v stavebníctve  
Porovnanie parametrov obvodových stien zateplených systémom ETICS vzhľadom na teplotnú normu  
Veľkoformátová výstavba urýchlila realizáciu bytového projektu SEKO komplex v Trenčíne
- **R&D**  
Vnútročné ošetrovanie – Čo hovorí DTA, TG a DSC?  
Je pórovité kamenivo účinné pre vnútročné ošetrovanie betónu?
- **Stavebné materiály**  
Vliv povrchových úprav na bobtnání OSB desky
- **Hrubá stavba**  
Dilatácie a škáry v konštrukciách aj v podlahách  
Čiastkové zhodnotenie stavebno-technického stavu NKP - Kaštieľ Malacky, časť. 1  
Vplyv geometrie železobetónového venca na vnútročné povrchové teploty  
Analýza vplyvu predsadených oceľových balkónov na vnútročné povrchové teploty
- **Inžinierske stavby**  
Stanovenie sadnutia podlažia od násypu založenom na štrkových pilieroch

## CONTENTS:

- **Editorial**
- **Construction market**  
What Do the Analyses of Economy and Construction Say?
- **Legal advice**  
Supplementary Building – Big Case
- **Management**  
Methodology Draft for Selection of Low-Cost Residential Houses  
Space Planning in Facility Management
- **Construction and sustainable development**  
3D printing and its current state in civil engineering  
Comparison of the External Masonry Wall Parameters Insulated by the ETICS System with regard to the Thermal Technical Standard  
Large-format Construction Accelerated the Implementation of the SEKO Complex Housing Project in Trenčín
- **R&D**  
Internal Curing – What do DTA, TG and DSC Say?  
Is a Porous Aggregate Effective for Internal Curing of Concrete?
- **Construction materials**  
Effect of Surface Finishes for Swelling of Oriented Strand Board
- **Main structure**  
Dilatations and Joints of the Structures (and Floors)  
Partial Evaluation of the Construction - Technical State of the National Cultural Monument - Manor House Malacky, Part. 1  
Geometry Influence of Reinforced Concrete Wreath on Internal Surface Temperatures  
The Effect Analysis of Additional Overhanging Loggias on Internal Surface Temperatures
- **Civil Works**  
Determining the Settlement of Subsoil Below an Embankment Founded on Stone Columns

## Buildustry

Vedecko-odborný recenzovaný časopis publikujúci články v jazykoch:

- Slovenčina
- Čeština
- English
- Français

### Ročník: IV

Číslo: 1

Vychádza: 2 x ročne

Vyšlo: 01.07.2020

### Vydáva:

Bria Invenia, s.r.o.

Poštová 11

972 26 Nitrianske Rudno

Slovenská republika

www.briainvenia.sk

### Redakcia:

Bria Invenia, s.r.o.

Poštová 11

972 26 Nitrianske Rudno

Slovenská republika

Tel: +421 948 429 981

E-mail: buildustry@briainvenia.sk

### Inzercia:

Ing. Jana Briatková Olšová

Tel: +421 904 591 511

E-mail: olsova@briainvenia.sk

### Grafika:

Ing. Roman Briatka

Tel: +421 948 429 981

E-mail: buildustry@briainvenia.sk

Náklad: Online

ISSN: 2454-0382

EAN: 977245403800720201

### Upozornenia:

Odborné a vedecké články prešli recenziami nezávislých recenzentov.

Uverejnené články neprešli jazykovou úpravou. Za ich znenie a správnosť zodpovedajú autori.

Názory a stanoviská uverejnené v článkoch nereprezentujú názory a stanoviská redakcie.

Vydavateľstvo nemá právnu zodpovednosť za obsah inzercie.

Kopírovanie alebo rozmnožovanie ktorejkoľvek časti časopisu sa povoľuje výhradne s písomným súhlasom vydavateľstva.

Fotografie a obrázky, ak nie je uvedené inak, sú vlastníctvom autorov. Vydavateľstvo nezodpovedá za prípadné porušenie autorských práv tretích osôb.

Fotografia na titulke: Ing. Peter Hanuliak, PhD.

### Redakčná rada:

- Dr. Peter BRIATKA, MBA., COLAS Slovakia, Košice
- Ing. Jana BRIATKOVÁ OLŠOVÁ, Bria Invenia, Nitr. Rudno
- doc. Ing. Katarína BAČOVÁ, PhD., SvF STU, Bratislava
- Ing. Marek DUBEK, PhD., SvF STU, Bratislava
- Ing. Silvia DUBEK, PhD., SvF STU, Bratislava
- Ing. Juraj NAGY, CSc., Ústav stavebnej ekonomiky, s.r.o., Bratislava
- Ing. Lucia PAULOVICHOVÁ, PhD., SvF STU, Bratislava
- doc. Ing. Peter PAULIK, PhD., SvF STU, Bratislava
- Ing. Martin MATUŠOVIČ, PhD., FPM EU, Bratislava
- Ing. Daniel GABONA, VVS, a.s.,
- doc. Ing. Vít MOTYČKA, CSc., FAST VUT, Brno (CZ)
- Ing. Barbora KOVÁŘOVÁ, PhD., Stavební úřad, Brno (CZ)
- Dr. Elżbieta RADZISZEWSKA – ZIELINA, Cracow University of Technology, Cracow (PL)
- Ing. Michal NOVOTNÝ, PhD., FAST VUT, Brno (CZ)
- Prof. Ing. Ladislav GULAN, PhD., SJF STU, Bratislava

### Vedecká rada:

- prof. Ing. Jozef GASPARÍK, PhD., SvF STU, Bratislava
- doc. Ing. Peter MAKÝŠ, PhD., SvF STU, Bratislava
- Dr. Peter BRIATKA, MBA., COLAS Slovakia, Košice
- doc. Ing. Rastislav INGELI, PhD., SvF STU, Bratislava
- Ing. Jana BENDŽALOVÁ, PhD., ENBEE, s.r.o., Bratislava
- prof. Ing. Bohuslava MIHALČOVÁ, PhD., EUR ING., PHF EU, Košice
- JUDr. Ing. Lujza JURKOVICHOVÁ, PhD., OF EU, Bratislava
- Dr. Julien VAN ROMPU, Eiffage route, Vélizy-Villacoublay (FR)
- prof. Nikolai I. VATIN, State Polytechnical University, Saint-Petersburg (RU)
- prof. Károly JÁRMAI, University of Miskolc, Miskolc (HU)
- Ing. Barbora KOVÁŘOVÁ, PhD., Stavební úřad, Brno (CZ)

Vážení čitateľa,

Od ostatného vydania Buildustry (december 2109) sme zažili niečo nečakané a hlavne nové pre väčšinu z nás. Čelili sme hrozbe nákazy novým vírusom. Politici a médiá nám vymývali mozgy opakovaním istých mantier stále dokoľa a zo stokrát opakovaného sa stávala nespochybiteľná pravda. Videli sme svetových lídrov zaujať rezolútne stanovisko. V priebehu dvoch týždňov ho prehodnotiť. Čo je úplne pochopiteľné, ak sa zmenia okolnosti alebo sa získajú nové / iné informácie. O ďalšie dva týždne však úplne poprieť vlastné tvrdenia a obviňovať všetkých navôkol, to chce buď neochvejnú aroganciu intelektu občanov alebo duševnú poruchu hodnú veľkej mysle veľkého človeka.

Z každej stránky novín, z každého googlenia a z každého odberného kanála na internete sa k nám hrnuli grafy, odhady modelov šírenia vírusu a kataklizmatické scenáre. Nemám dost informácií na to, aby som vyvodzoval nejaké závery. Čokoľvek iné popierajúce prirodzený vývoj a náhodilosť by bola len konšpiračná teória. Preto opúšťam tému vyvolávania a udržiavanie strachu v spoločnosti a budeme sa venovať dôsledkom niekoľkotýždňového spomalenia života na Slovensku a vlastne na celom svete.

Určite máte v pamäti začiatok Marca keď ste z ničoho nič museli zostať doma a starať sa o deti alebo ste prešli na tzv. homeoffice. Ak

ste sa odvážili ísť do mesta, mali ste pocit akoby ste ostali na tejto planéte sami – len vy a šoféri prázdnej MHD. Keď ste išli autom, cestu ste zvládli na zlomok času, na ktorý ste zvyknutý. V centrách miest ste si všimli miesta/veci, ktoré ste míňali roky a až teraz ste k nim mohli upriamiť zrak. Nemuseli ste sa pozerieť navôkol, aby ste nevrátili do turistu. Neboli tu! Presne tak neboli tu turisti. Nefungovala doprava, hotely, reštaurácie, služby, predaj (okrem e-shopov), výrobné odvetvia sa čiastočne alebo úplne utlmili. Prerušili sa dodávateľsko-odberateľské reťazce na národnej a medzinárodnej úrovni. Vláda prijímala rôzne opatrenia, pre záchranu podnikateľov, aj občanov. Ich úspešnosť, rezervy a húževnatosť podnikateľského sektora nám odhalí čas.

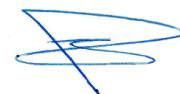
Trhy sa síce prudkom páde rýchlo zotavujú, avšak akcie a indexy sú ťahané očakávaniami. No a čo očakávate po prudkom poklese keď predpokladáte, že ste dosiahli dno a popri tom sa z médií dozvedáte o potenciálnych vakcínach a o spomalení šírenia vírusu? Nemám vešteckú guľu, nemám ani ekonomické alebo finančné vysokoškolské vzdelanie. Avšak, ak zohľadním ako funguje ekonomika a jednotlivé segmenty, očakávam ťažké časy, ktoré na nás doľahnú o niekoľko mesiacov.

Opakujem a držím sa toho, každá ťažká doba so sebou prináša zmeny a mnoho príležitostí. To však platí len pre pripravených. Osobne som presvedčený, že inovácie vlastných procesov a zrejme aj výrobkov a služieb budú

kľúčové najmä pre pozemné stavebníctvo. Stavebníctvo, cez veľké infraštruktúrne projekty, zrejme bude čiastočne sanovať štát. Viaceré komerčné projekty však od marca boli odložené a v rezidenčných očakávam pokles záujmu keď sa naplno prejavia dôsledky spomalenia ekonomiky.

Prinášame v tomto čísle najmä články inšpirujúce k novému/inému nazeraniu na problematiku stavebníctva. Pozrieme sa na vývoj a prognózy stavebníctva, na Facility management, metodiku navrhovania nízkonákladového bývania, urýchlenie výstavby využitím veľkoformátových prvkov alebo 3D tlačou. Z hľadiska materiálového vývoja sa venujeme samoošetrovaniu betónov a vplyvu povrchových úprav na obľúbené OSB dosky. Pre hrubé stavby sme vybrali témy zamerané na tepelnú techniku železobetónového venca a predsadených oceľových balkónov. V neposlednom rade, pre infraštruktúrne projekty bude zaujímavé určenie sadania násypov založených sa štrkových pilieroch.

Verím, že Vám toto vydanie Buildustry poskytne aspoň jednu inšpiráciu, rozšíri obzory alebo pomôže vidieť niečo z iného pohľadu.



Peter Briatka

# Čo hovoria analýzy hospodárstva a stavebníctva

## What Do the Analyses of Economy and Construction Say?

V prvom polroku 2020 dostalo hospodárstvo silný úder. Z prvotného šoku sa práve dostávame, adrenalín nám klesá a začíname pociťovať bolesť. Aká bude silná a ako dlho bude trvať sa pokúšajú zistiť rôzne prieskumy.

### Kľúčové slová:

Hospodárstvo, Pokles, Vývoj, Stavebníctvo, Prieskum

In first half of 2020 the Economy got a strong hit. The initial shock recedes. Our adrenaline drops down and we start to feel the pain. How strong and how long it will be, several researches attempt to figure out.

### Key words:

Economy, Fall, Evolution, Construction, Research

### Nové zákazky v slovenskom priemysle

Priemysel na Slovensku evidoval už v marci tohto roku najslabší dopyt po svojej produkcii za posledných 11 rokov. Objem nových priemyselných objednávok v marci 2020 dosiahol 3,748 mld. eur, čo znamenalo medziročný útlm o 26,1 % (podľa Štatistického úradu SR). Podobné medziročné prepady si priemyselníci na Slovensku pamätajú naposledy z obdobia hospodárskej krízy v roku 2009. Prísne epidemiologické oparenia na zabránenie šírenia koronavírusu s negatívnym vplyvom na hospodárstvo sa pritom začínali prijímať až v polovici marca. Faktom však je, že nové zákazky v priemysle SR klesali už aj vo februári, keď dosiahli 4,544 mld. eur a boli medziročne nižšie o viac ako 7 %. Na medzimesačnej báze nové objednávky v priemysle v marci oproti februáru klesli o 19,6 %, kým mesiac predtým boli nižšie o 3,4 %. Nadpriemerný pokles zákaziek pritom v marci vykázal ťahún slovenského priemyslu, a to výroba motorových vozidiel. Hoci s objemom bežne 2 mld. eur tvoria objednávky v automobilovom priemysle stále vyše polovice ich celkového objemu na Slovensku, vykázali medziročný prepád až o 35,3 %. Aj v marci sa však našli sektory, ktorým zákazky pribúdali rýchlejšie ako vlni. Ich medziročný nárast vykázala výroba papiera a papierových výrobkov a o viac ako tretinu stúpili nové objednávky v produkcii základných farmaceutických výrobkov a prípravkov. Za rok 2019 nové zákazky v priemysle SR dosiahli

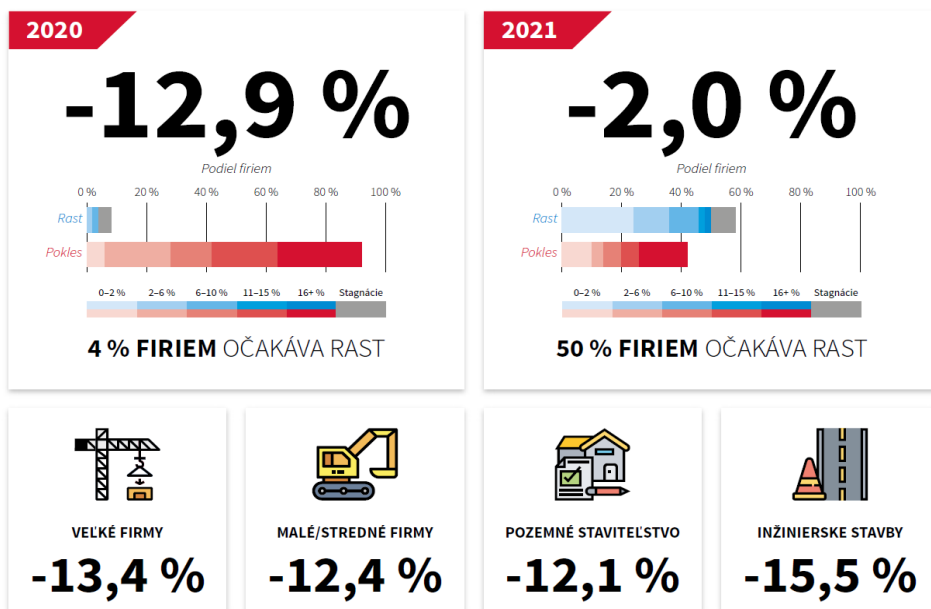


52,841 mld. eur, medziročne sa znížili o necele percento. V roku 2018 priemyselné objednávky na Slovensku zaznamenali objem 53,338 mld. eur a medziročne, naopak, stúpili bežne o 9 %. Za rok 2017 nové zákazky zaznamenali hodnotu 49,936 mld. eur, bol to vtedy mierny pokles o 0,1 %. Rok predtým objem nových objednávok priemyslu stúpol o 6,1 %, v roku 2015 sa zvýšil o 7 %. V roku 2014 nové priemyselné zákazky vzrástli o 3,5 %, v roku 2013 sa zvýšili o 3,2 % a v roku 2012 stúpili dokonca až o 14 %. V roku 2009, naopak, v dôsledku svetovej finančnej krízy klesli bežne o 20 %.

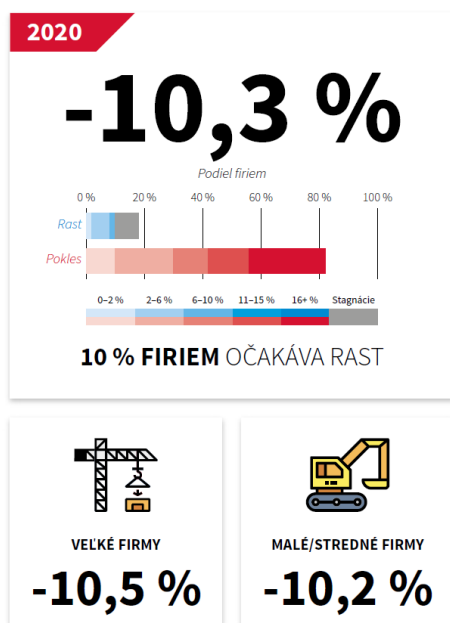
### Výsledky prieskumu odvetvia stavebníctva

- Stavebníctvo vplyvom súčasnej situácie v tomto roku poklesne o 12,9 %, v budúcom roku, podľa očakávaní stavebných firiem, poklesne o ďalšie 2,0 %. Celkovo sa tak jedná o prepád o 13,3 % oproti pôvodným očakávaniam vývoja trhu (k druhému polroku roka 2019). Tiež v oblasti tržieb firmy očakávajú pokles, a to o 10,3 % v roku 2020 a ďalší pokles o 1,3 % v roku 2021. Avšak, pôvodne (k druhému polroku roka 2019) počítali s rastom tržieb o 2,0 % v roku 2020. V oblasti tržieb sme teda zaznamenali celkový prepád o 12,3 % oproti pôvodným očakávaniam.

Obr. 2: Očakávaný vývoj stavebníctva v segmentoch



Pokiaľ sa pozrieme na spoločnosti z hľadiska zamerania ich činností, zistíme, že inžinierske staveiteľstvo očakáva väčší prepád trhu, a to o 15,5 % v tomto roku a ďalší prepád o 5,0 % v nasledujúcom roku. Pôvodne spoločnosti zaoberajúce sa inžinierskym staveiteľstvom (k druhému polroku roka 2019) predikovali rast trhu o 1,8 % v roku 2020. Celkovo sa teda jedná o prepád trhu o 17,3 % oproti pôvodným očakávaniam. Pozemné staveiteľstvo vidí situáciu o niečo viac optimisticky. Pozemné staveiteľstvo počíta s prepadom trhu v tomto roku o 12,1 % a v nasledujúcom roku s ďalším prepadom o 1,1 %. Pôvodne (k druhému polroku roka 2019) v oblasti pozemného staveiteľstva spoločnosti očakávali pokles trhu o 0,2 % v roku 2020. V tomto ohľade sa jedná o celkový prepád trhu o 11,9 % oproti pôvodným očakávaniam.



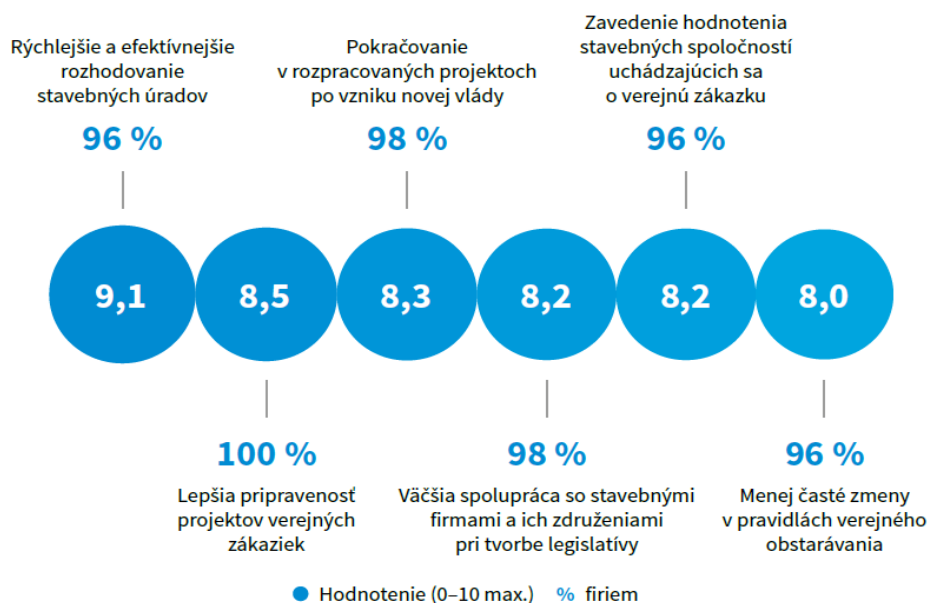
Obr. 3: Očakávaný vývoj tržieb v segmentoch

Pri rozdelení na inžinierske a pozemné staveiteľstvo uvidíme, že väčší prepád v oblasti svojich tržieb očakáva inžinierske staveiteľstvo. To počíta s prepadom svojich tržieb o 12,3 % v tomto roku a s ďalším prepadom o 2,3 % v roku 2021. Pôvodne (k druhému polroku roka 2019) počítali inžinierske spoločnosti, naopak, s rastom tržieb, a to o 1,5 % v roku 2020. V tejto oblasti teda vidíme celkový prepád o 13,8 % oproti pôvodným očakávaniam. Pozemné staveiteľstvo tiež očakáva prepád svojich tržieb, ale opäť je mierne optimistickjšie. Pozemní staviteľia počítajú s prepadom svojich tržieb o 9,7 % v roku 2020 a s ďalším prepadom o 1,0 % v roku 2021. Pôvodne (k druhému polroku roka 2019) očakávali rast svojich tržieb o 2,3 % v roku 2020. Jedná sa teda o prepád o 12,0 % oproti pôvodným očakávaniam.



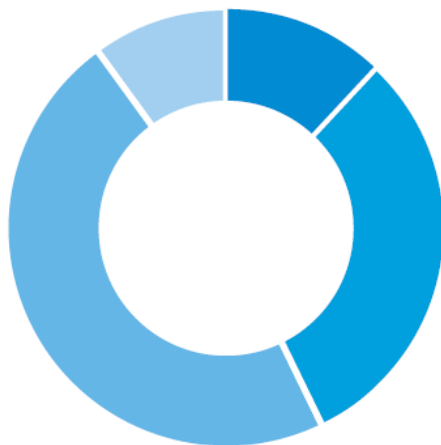
Obr. 4: Na aké oblasti by sa, podľa vás, mala nová vláda zamerať?

- Za prvý štvrtrok roka 2020 vzrástol počet oznámení o stavebnej zákazke o 32,4 %. Hodnota týchto vyhlásených zákaziek činila 733 mil. EUR, jedná sa o medziročný nárast o 107,6 %. V systéme zostávajú ešte zákazky za 0,7 mld. EUR, ktoré zatiaľ neboli zadané.
- Dopad súčasnej situácie na finančné zdravie firiem zaznamenalo 90 % opýtaných. Tí očakávajú, že tieto straty znížia ich hospodársky výsledok v priemere až o 32 %. Finančné straty plánujú spoločnosti vykryť predovšetkým z vlastných rezerv (61 %). Do budúcnosti sa na podobné situácie plánuje pripraviť 75 % opýtaných, a to predovšetkým tvorbou väčších finančných rezerv (67 %), presná polovica plánuje vytvoriť krízový plán, 17 % sa prikloní k poisteniu a 10 % uviedlo, že sa prikloní k iným riešeniam – napríklad expanzii na zahraničné trhy.



Obr. 5: Aké kroky na podporu stavebníctva zo strany štátu by vaša spoločnosť ocenila?

- V súvislosti so zvolením novej vlády by stavebné spoločnosti najviac ocenili, keby sa zamerala na zvýšenie transparentnosti a zníženie korupcie (9,5 bodov z 10). Stavebníctvo by potom najviac podporilo rýchlejšie a efektívnejšie rozhodovanie stavebných úradov (9,1 bodov z 10).
- Takmer polovica stavebných spoločností predpokladá, že potrvá 1 - 2 roky, než sa situácia v stavebníctve stabilizuje (47 %). Tretina sa prikláňa ku kratšej dobe, a to k 6 - 12 mesiacom (31 %). Viac ako desatina je optimistická a vidí stabilizáciu situácie v horizonte do 6 mesiacov (12 %). Naopak, desatina (10 %) sa domnieva, že dopady stavebnej spoločnosti pocítia dlhšie ako dva roky.



Obr. 6: Ako dlho potrvá, než sa dopady opatrení súvisiacich s koronavírusom stabilizujú a situácia v stavebníctve sa vráti do normálu?

#### Literatúra:

- [1] Stavebné noviny, č. 75 / Streda 20. mája 2020, Ročník 14 / 3 082 .
- [2] Polročná analýza slovenského stavebníctva, ceec research

#### Záver

Tu sme sa zamerali na realizačné firmy. Tie tvoria rozhodujúci objem výkonov v národnom hospodárstve. Aký názor a riešenia majú spoločnosti pôsobiace v projekcii a developmente, prečítajte si Polročná analýza slovenského stavebníctva.

#### Autori:

- Ing. Roman Briatka, BaB real, s.r.o., Nitrianske Rudno
- Ing. Jana Briatková Olšová, Bria Invenia, s.r.o., Bratislava

#### Zaradenie článku:

- Odborný

**Porucha**
**Projekt sanácie**
**Lab. skúšky**
**Skúšky in-situ**
**Úspešná sanácia**

**Posťahová 11, 972 26 Nitr. Rudno**  
**Kaštieľska 2, 821 05 Bratislava**  
[www.briainvenia.sk](http://www.briainvenia.sk)  
[info@briainvenia.sk](mailto:info@briainvenia.sk)  
**Tel: 00421-948-429 981**

# Drobná stavba – Veľký spor

## Supplementary Building – Big Case



Pre výstavbu stavieb je základnou právnou normou Zákon č. 50/1976 Zb. o územnom plánovaní a stavebnom poriadku (stavebný zákon), v znení neskorších predpisov (ďalej Stavebný zákon). Napriek tomu, že zaznamenal doteraz 40 novelizácií, je dobovo prekonaný a teda nereflekтуje súčasnú podmienku na trhu a potreby účastníkov stavebných konaní. O novú koncepciu tohto právneho predpisu sa pokúšalo už viacero predchádzajúcich vlád. Zatiaľ neúspešne, pretože túto problematiku nezaradili medzi priority v rámci legislatívneho procesu. Je tu viacero právnych a praktických tém, ktoré vo výstavbe stavieb sú mimoriadne dôležité. Jednou z nich však určite je vymožiteľnosť stavebného zákona najmä vo vzťahu k nelegálnej výstavbe.

V minulom roku sme pre zákazníka riešili technickú argumentačnú podporu pre námietku voči výstavbe drobnej stavby na susednom pozemku. V tomto článku Vám predstavíme (anonymizované) technické a právne podrobnosti prípadu a vysvetlíme opäť v dvoch rovinách technické a právne možnosti riešenia „veľkého sporu“ k drobnej stavbe.

### Kľúčové slová:

Stavebný zákon, Drobná stavba, Susedný pozemok, Vplyv na susednú stavbu, Spor

(Building code). Despite, till now, it underwent 40 amendments, it's still old fashioned and it does not reflect current situation on the market and needs of participants of construction appeals. Several former governments attempted to pass a new concept of the Building code in parliament. However, without any result as they managed to put this topic between the priorities of legislation process. There are several legal and practical topics which are extremely important within construction. One of them definitely is a Building code enforcement especially in relation to illegal buildings.

Last year, we provided, to one of our clients, a technical / argument support in subject of objection to construction of supplementary building on neighbor land. This paper will (anonymously) introduce you the technical and legal aspects of this case and we will explain, again from two points of view, the technical- and legal solutions of this „Big case of Supplementary Building“.

### Key words:

Building code, Small building, Neighboring land, Impact on neighboring building, Court case

### Konkrétny prípad

Ako sme už naznačili, v roku 2019 sa na nás obrátil jeden zákazník, s ktorým sme už dávnejšie riešili diagnostiku trhlín a vlhkosti kon-

štrukcií jedného rodinného domu zo začiatku 19. storočia. Tentokrát sa však nejednalo o dohodnuté pokračovanie návrhu sanácie, ale niečo „z iného súdka“.

Na susednom pozemku sa začalo so stavebnými prácami. Po návšteve stavebného úradu sa klient dozvedel, že na susednom pozemku ohlásili drobnú stavbu – výstavbu plotu a skleníka (v dokumentácii označené ako dva samostatné stavebné objekty), voči ktorej tento stavebný úrad nemal námietky. Skleník mal byť umiestnený v strede pozemku susedov. Voči tejto časti stavby nemal klient žiadne výhrady. Problematická časť bol plot – konkrétne tá časť plotu, ktorá bola vedená tesne pred domom klienta. Domnieval sa, že plot s definovanou výškou 2,5 mu „zatieni“ miestnosti s oknami orientovanými práve tým smerom (východ).

Sporný je teda plot (SO-01), ktorý sa má zhotoviť na niektorých častiach z debniacich tvárnic so šírkou cca 30 cm vystužených betonárskou výstužou  $\Phi 12$  mm a zaliatymi betónom. Na zvyšnej časti (aj v blízkosti domu klienta) sa mal plot zhotoviť z plechu (bližšie nešpecifikovaného). V oboch častiach však mal mať výšku 250 cm.

Klient sa domnieval, že tým boli porušené jeho práva a nemohol sa vyjadriť ku zamýšľanej stavbe. Ak vychádzame z faktu, že sa jedná o plot, ktorý je drobnou stavbou, tak pri aplikácii § 139b, ods. 7, Stavebného zákona sa za drobné stavby považujú stavby, ktoré majú doplnkovú funkciu pre hlavnú stavbu (napr. pre stavbu na bývanie, pre stavbu občianskeho vybavenia, pre stavbu na výrobu a skladovanie, pre stavbu na individuálnu rekreáciu) a ktoré nemôžu podstatne ovplyvniť životné prostredie, a to:

- a) prízemné stavby, ak ich zastavaná plocha nepresahuje 25 m<sup>2</sup> a výška 5 m, napríklad kôlne, práčovne, letné kuchyne, prístrešky, zariadenia na nádoby na odpadky, stavby na chov drobného zvieratstva, sauny, úschovne bicyklov a detských kočiek, čakárne a stavby športových zariadení,
- b) podzemné stavby, ak ich zastavaná plocha nepresahuje 25 m<sup>2</sup> a hĺbka 3 m, napríklad pivnice, žumpy.

The construction is governed by Act no. 50/1976 Col. On Urban Planning and Construction Regulations with amendments



Obr. 2: Ilustračná situácia s vyznačením stavebných objektov a domu klienta

Ďalej v odseku 8, toho istého paragrafu sú taxatívne vymenované, stavby, ktoré sú tiež drobnými stavbami. Za drobné stavby sa považujú aj:

- a) ) stavby organizácií na lesnej pôde slúžiace na zabezpečovanie lesnej výroby a poľovníctva, ak ich zastavaná plocha nepresahuje 30 m<sup>2</sup> a výška 5 m, napríklad sklady krmiva, náradia alebo hnojiva,
- b) oplotenie,
- c) prípojky stavieb a pozemkov na verejné rozvodné siete a kanalizáciu všetkých stavieb a pozemkov a pripojenie drobných stavieb a pozemkov na rozvodné siete a kanalizáciu hlavnej stavby,
- d) nástupné ostrovčeky hromadnej verejnej dopravy, priechody cez chodníky a na susedné pozemky, priepustky a pod.,
- e) reklamné stavby, na ktorých najväčšia informačná plocha je menšia ako 3 m<sup>2</sup>.

De jure je plot (oplotenie) drobnou stavbou a nebol potrebný súhlas nášho klienta. Avšak, podrobnejším skúmaním všetkých okolností a systematickým výkladom Stavebného zákona v kontexte základných princípov sme prišli na niektoré prinajmenšom zaujímavé skutoč-

nosti, ktoré môžu byť dôležité pre konanie o správnosti postupu stavebného úradu, resp. správnosti konania stavebníka drobnej stavby.

Oplotenie je súčasťou stavby, pozostávajúcej z dvoch stavebných objektov – Oplotenie (SO-01) a Skleník (SO-02). Stavebné objekty sa síce prezentujú ako samostatné, no z konštrukčného hľadiska sú trvale spojené a oplotenie je súčasťou nosnej konštrukcie skleníka. Okrem toho, aby sa skleník mohol klasifikovať ako drobná stavba, navrhol sa tak, aby jeho zastavaná plocha bola menšia ako 25 m<sup>2</sup>. Tu však narážame na ďalší problém. V projektovej dokumentácii sa vyskytuje predstavené schodisko, ktorého prítomnosť podmieňuje funkčnosť a užívanie skleníka. Je teda súčasťou zastavanej plochy skleníka. Nikde sa však neuvádza jeho plocha. Zohľadňujúc definovanú zastavanú plochu skleníka 24,75 m<sup>2</sup>, proporcie schodiska voči budove a požiadavky na navrhovanie schodísk, je vylúčené, aby súčet zastavaných plôch skleníka a schodiska bol menší než 25 m<sup>2</sup> (so zohľadnením STN 73 4055 odhadujeme 26,40 m<sup>2</sup>). Usudzujeme preto, že zo strany stavebníka išlo (v lepšom prípade) o omyl alebo zámerné zavádzanie.

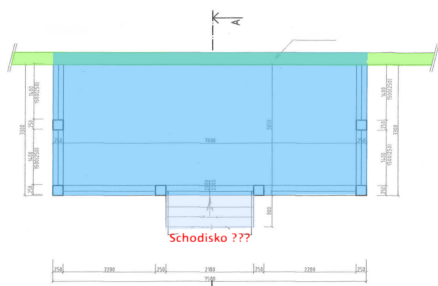
Stavebný úrad nepostrehol túto skutočnosť a nenariadil miestne šetrenie a rovnako nezohľadnil vyššie uvedenú STN 73 4055, pričom zastavaná plocha je vymedzená zvislým priemetom vonkajších hrán, horizontálneho rezu obvodových konštrukcií, rezaného vo výške 1 meter nad upraveným terénom.

Stavba teda nespĺňa definíciu drobnej stavby a klasifikuje sa s najvyššou pravdepodobnosťou ako jednoduchá stavba. Malo sa teda postupovať v zmysle § 54 a § 55, ods. 1 Stavebného zákona. Stavby, ich zmeny a udržiavacie práce na nich sa môžu uskutočňovať iba podľa stavebného povolenia alebo na základe ohlásenia stavebnému úradu. Stavebné povolenie sa vyžaduje, pokiaľ Stavebný zákon a vykonávacie predpisy k nemu alebo osobitné predpisy neustanovujú inak, pri stavbách každého druhu bez zreteľa na ich stavebnotechnické vyhotovenie, účel a čas trvania; stavebné povolenie sa vyžaduje aj pri zmene stavieb, najmä pri prístavbe, nadstavbe a pri stavebných úpravách.

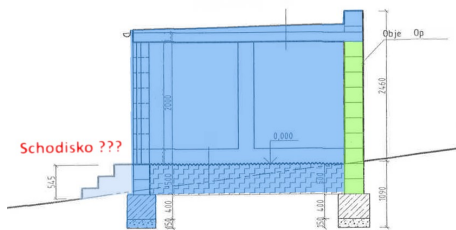
K technickej stránke samotného oplotenia druhým, a v tomto prípade primárnym cieľom ochrany klienta bolo predísť škodám súvisiacim s výstavbou plota:

- zamedzením prirodzeného preslnenia obytných miestností a
- zamedzením prístupu k niektorým častiam fasády domu.

Pri projektovanom výskopisnom a polohopisnom usporiadaní plota vo vzťahu k domu klienta, nebolo preukázané dostatočne prirodzené preslnenie obytných miestností domu klienta, ako sa uvádza v STN 73 4301, článok 3.1.6. Usudzujeme, že sa tým porušil aj § 47, písm. j) Stavebného zákona, keďže je oplotenie navrhnuté na hranici parcely, s ohľadom na umiestnenie domu klienta, sa výstavbou zamedzil prístup k nehnuteľnosti a jej riadna údržba, čo je v rozpore s požiadavkou STN 73 4301, článok 3.1.5. Rovnako sa tým zabránilo plneniu povinnosti vlastníka stavby podľa § 86, ods. 1, Stavebného zákona, že „Vlastník stavby je v súlade s dokumentáciou overenou stavebným úradom a s rozhodnutím stavebného úradu (stavebné povolenie, kolaudačné rozhodnutie) povinný udržiavať stavbu v dobrom stavebnom stave tak, aby nevznikalo nebezpečenstvo požiarov a hygienických závad, aby nedochádzalo k jej znehodnoteniu alebo ohrozeniu jej vzhľadu a aby sa čo najviac predĺžila jej užívateľnosť.“



Obr. 3: Pôdorys skleníka



Obr. 4: Rez skleníka

Vychádzajúc z princípu primeranosti aj v našom legislatívnom systéme, usudzujeme, že by sa ustanovenia § 62, ods. 4, Stavebného zákona: „Ak by sa uskutočnením alebo užívaním stavby mohli ohroziť verejné záujmy chránené týmto zákonom a osobitnými predpismi alebo neprimerane obmedziť či ohroziť práva a oprávnené záujmy účastníkov vo väčšom rozsahu, než sa počítalo v územnom rozhodnutí, stavebný úrad žiadať o stavebné povolenie zamietne.“, malo uplatniť aj v tomto prípade.

Konfrontáciou obr. 5 k projektovanému stavu obr. 4 zisťujeme, že: oplotenie bude výrazne hlbšie voči úrovni okolitého terénu a zo zadnej (severnej) strany naň bude pôsobiť aktívny zemný tlak. Stane sa tak akýmsi zárubným múrom. Druhou možnosťou je, že súčasťou prác budú aj terénne úpravy. Tie však nie sú uvedené v ohlásení stavby. Toto všetko podkopáva dôveryhodnosť projektového riešenia objektu a jeho automatickú klasifikáciu ako drobnú stavbu. Rozpor sa zisťuje aj v samotnom umiestnení tzv. oplotenia, konkrétne tej časti, ktorá je zobrazená na obr. 5 ako zárodok zárubného múra. Všeobecná definícia oplotenia hovorí, že: „Oplotenie alebo plot je voľne stojaca stavba, ktorej úlohou je zabrániť alebo obmedziť pohybu cez nejakú hranicu, často slúži na ochranu nehnuteľností. Na rozdiel od steny má podstatne jednoduchšiu konštrukciu, nemusí však bezprostredne zabraňovať výhľadu.“ V tomto prípade však „údajné oplotenie“ sa nachádza v rámci pozemku (nie na jeho hranici) a výškovým usporiadaním (bez vykonania) zemných prác značného rozsahu (t.j. aj bez vzniku odpadu) nebude predstavovať ani významnú bariéru.



Obr. 5: Oplotenie (severná časť) – v mieste budúceho skleníka



Obr. 6: Oplotenie pri východnej strane domu

## Záver

Usudzujeme, že stavebník vedome obchádzal Stavebný zákon, v schéme stavby (projektovom riešení) predloženom v ohlásení drobnej stavby uviedol zavádzajúce informácie a uviedol tak stavebný úrad do omylu. Stavebný úrad nepostrehol konštrukčnú spätosť dvoch stavebných objektov a nezapočítanie plochy predsadeného schodiska skleníka do celkovej zastavanej plochy. Umiestnením oplotenia (výšky 2,5 m) tesne k domu klienta (z východnej strany) dôjde ku zníženiu prirodzeného preslnenia obytných miestností v dome klienta. Navyše, takýmto umiestnením oplotenia sa zamedzí prístup k domu klienta z východnej strany pre riadne vykonávanie obnovy a údržby domu, prípadne stavebných prác súvisiacich napríklad s plnením základnej požiadavky na stavby - Energetická úspornosť a tepelná ochrana, t.j. zateplenie domu.

Drobná stavba je stále stavba, platia pre ňu odstupové vzdialenosti stavieb podľa ustanovenia § 6 ods.1 a 2 vyhlášky č. 532/2002 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o všeobecných technických požiadavkách na výstavbu a o všeobecných technických požiadavkách na stavby užívané osobami s obmedzenou schopnosťou pohybu a orientácie (ďalej Vyhláška). Stavebný úrad musí vždy zvážiť vplyv navrhovanej stavby na užívanie susedných nehnuteľností. Stavebný úrad mal oznámiť stavebníkovi, že ohlásenú drobnú stavbu môže povoliť len stavebným povolením na základe staveb-

ného konania.

Odporúčame postupovať v nasledovných krokoch:

- 1) V prezentovanom prípade je potrebné zistiť prečo susedná stavba je postavená v rozpore s § 6 Vyhlášky, t.j. bez dodržania odstupových vzdialeností a rovnako zistiť a posúdiť časovú postupnosť, ako k tomuto stavu došlo a ktoré skutočnosti právneho a technického charakteru stavebník drobnej stavby zneužil vo svoj prospech.
- 2) Bezodkladné podanie správnej žaloby podľa zákona č. 162/2015 Z. z. Správny súdny poriadok, proti opatreniu stavebného úradu, že nemá námietky voči žiadosti o ohlásenie drobnej stavby a podanie návrhu na odkladný účinok tohto opatrenia. V týchto prípadoch je povinné právne zastupovanie žalobcu advokátom a rešpektovanie zákonnej lehoty na podanie žaloby.
- 3) Podanie sťažnosti a podnetu na štátnu stavebnú inšpekciu.

## Literatúra:

- [1] Zákon č. 50/1976 Zb. o územnom plánovaní a stavebnom poriadku (stavebný zákon), v znení neskorších predpisov.
- [2] Zákon č. 162/2015 Z. z. Správny súdny poriadok.
- [3] Vyhláška č. 453/2000 Z. z., ktorou sa vykonávajú niektoré ustanovenia stavebného zákona.
- [4] Vyhláška č. 532/2002 Z. z., ktorou sa ustanovujú podrobnosti o všeobecných technických požiadavkách na výstavbu a o všeobecných technických požiadavkách na stavby užívané osobami s obmedzenou schopnosťou pohybu a orientácie.
- [5] STN 73 4301 Budovy na bývanie
- [6] STN 73 4055 Výpočet obostavaného priestoru pozemných stavebných objektov
- [7] Antoňová, N.: Merné veličiny a ich pojmy ako nástroj porovnávania technických a ekonomických ukazovateľov pozemných stavieb, Nehnuteľnosti a bývanie, 01/2013

## Autori:

- Dr. Peter Briatka, MBA., COLAS Slovakia, Košice
- Ing. Jana Briatková Olšová, Bria Invenia, s.r.o., Bratislava
- JUDr. Ján Florián Gajniak, Chairman SSFCL Slovak Society for Construction Law, Bratislava
- Ing. Barbara Chamulová, PhD., Stavebná fakulta STU, Bratislava

## Zaradenie článku:

- Odborný

# Návrh metodiky pre výber nízkonákladových bytových domov

## Methodology Draft For Selection of Low-Cost Residential Houses

Jedným z významných cieľov sociálnej bytovej politiky štátu je výstavba, obnova a správa sociálnych nízkonákladových bytových domov. Cieľom tejto politiky je vytvoriť podmienky preto, aby všetci občania mohli bývať vo vyhovujúcich podmienkach. Sociálna bytová politika štátu realizuje za podpory štátu, v partnerstve s obcami, mestami a organizáciami sociálneho bývania, nájomné nízkonákladové bytové domy.

Obstaranie nájomného bytu slúži na sociálne bývanie, byty sú určené pre rodiny na preklenutie obdobia, kým si zaobstarajú vlastné bývanie a na dočasné bývanie za účelom podpory mobility pracovnej sily. Systém sociálneho bývania by sa mal usilovať odstraňovať všetky bariéry na individuálnej aj inštitucionálnej úrovni.

Cieľom článku je prezentácia návrhu metodiky výberu optimálnej stavebnej technológie pri výstavbe nízkonákladových bytových domov z technologicko-ekonomického hľadiska.

### Kľúčové slová:

Nízkonákladové bytové domy, Metodika, Stavebné technológie, Optimálne riešenie

One of the major goals of the state's social housing policy is the construction, renovation and management of low-cost social housing. The aim of this policy is to create conditions so that all citizens can live in satisfactory conditions. State social housing policy, with the support of the state, in partnership with municipalities, towns and social housing organizations, realizes low-cost residential houses. Renting a flat is for social housing, the flats are designed for families to bridge the period until they acquire their own housing and temporary housing in order to promote labor mobility. The social housing system should seek to remove all barriers at both individual and institutional levels.

The aim of this article is the presentation of a draft methodology for selecting optimal building technology for low cost construction from technological-economic aspect.

### Key words:

Low-cost residential houses, Methodology, Construction technology, Optimal solution



### Úvod

Pre obstarávanie nájomných bytov nižšieho štandardu je podmienkou neprekročenie maximálneho limitu obstarávacích nákladov na 1 m<sup>2</sup> podlahovej plochy bytu, ktorý vzhľadom na nižšie vybavenie bytu predstavuje cca 55 % obstarávacích nákladov štandardného bytu. Na realizáciu takýchto nájomných bytov je možné získať podľa návrhu aktualizácie Programu rozvoja bývania dotáciu do 80 % obstarávacích nákladov, pričom 20 % obstarávacích nákladov by malo byť vytvorených prácou budúcich nájomníkov. [1]

Nájomné byty nižšieho štandardu sú určené pre občanov v hmotnej alebo sociálnej núdzi. V rámci krajín V4 máme najnižší počet nájomných bytov. Z celkového počtu vyše 204 tisíc bytov v Bratislave, predstavujú iba 1%, kým v susednom Brne je to 15% a napríklad vo Viedni dokonca až 60%. Európsky priemer je 10% a k tomuto číslu sa chce dopracovať aj magistrát hlavného mesta. V súčasnosti je v Bratislave 2335 nájomných bytov, 593 je aktuálny záujem o nájomný byt (513 je žiadateľov z reštituovaných domov, 7 až 8 rokov je priemerná čakacia lehota na nájomný byt.

Nájomné bývanie pritom nemá riešiť len zložitú sociálnu situáciu ľudí či obyvateľov v reštituovaných bytoch. Ponuka mestských bytov má tiež motivovať záujemcov o zamestnania, ktoré vo veľkej miere chýbajú. [2].

### Stavebné technológie pre výstavbu nízkonákladových bytových domov na Slovensku

Na Slovensku sa používajú najčastejšie stavebné technológie pre výstavbu nízkonákladových bytových domov: technológia strateného debnenia VELOX, technológia YTONG, PORFIX a HELUZ.

#### Technológia strateného debnenia VELOX

VELOX je komplexný systém strateného debnenia na báze štiepkocementovej dosky s výbornými tepelno-izolačnými, zvukovo-izolačnými vlastnosťami a s veľmi dobrou tepelnou akumuláciou. Ide o masívny sendvičový systém bez tepelných mostov, vhodný aj do oblastí ohrozených povodňami, či zemetrasením. VELOX už dlhé roky patrí k osvedčeným partnerom pre nízkoenergetickú a pasívnu výstavbu a pravidelne participuje aj v oblasti výstavby nájomných bytových domov.

Východiskovou surovinou je guľatina ihličnatého dreva, tzv. drevná štiepka, ktorá z celkového objemu dosky tvorí 89 %. Ďalšími komponentmi sú cement, zabezpečujúci pevnosť a súdržnosť dosiek a roztok vodného skla, ktorý dosky stabilizuje proti vlhkosti. Keďže dosky preberajú vlastnosti dreva, dajú sa veľmi dobre opracovávať, rezať, vŕtať, zbíjať klincami. A tak môže byť každá stavba originálna, lebo dáva priestor na realizáciu individuálnych predstáv. Navyše, stavby stavané zo štiepkocementových dosiek sú veľmi kvalitné.

Vyznačujú sa vysokou protipožiarnou odolnosťou a najmä zdravotnou a hygienickou neškodnosťou. Sú pevné, odolné voči otrasom, klimatickým zmenám, trvácne a energeticky nenáročné. Pórovitosť dosiek zaručuje vynikajúce spojenie s betónovým jadrom, maltou a lepiacimi tmelmi na báze cementu, bežne používanými pri dokončovacích povrchových úpravách konštrukcií. Unikátny stavebný systém bez tepelných mostov, ktorý šetrí peniaze, skvelo izoluje teplo i zvuk. Vnikajúce spojenie s betónovým jadrom, maltou a lepiacimi tmelmi na báze cementu, bežne používanými pri dokončovacích povrchových úpravách konštrukcií.

Stavebný systém VELOX predstavuje technológiu monolitických stavieb, kde sa steny a stropy betónujú do vopred pripraveného debnenia zo štiepkocementových dosiek, ktoré po vytvrdnutí betónu tvoria trvalú súčasť zvislých i vodorovných konštrukcií. Ponúka integrovanú tepelnú ochranu stien aj stropov bez tepelných mostov tak, že môžeme rátať s nižšími nákladmi za vykurovanie. Je dokonalým spojením tepelnoizolačných vlastností a tepelnoakumulačných parametrov. Vonkajšia strana stien s vysokým tepelným odporom bráni prieniku chladu do steny a jej ochladzovaniu.

### Technológia výstavby pórobetónom YTONG a PORFIX

Okrem fyzikálnych vlastností (najmä tepelnoizolačných), ponúkajú tvárnice YTONG alebo PORFIX najmä rýchly a jednoduchý spôsob výstavby. Tvárnice sú ľahké a teda môžu byť vyrábané vo väčších blokoch a stavba rastie rýchlejšie. Tieto tvárnice sa aj ľahko opracovávajú, režu a sekajú a je možné ľahko vytvárať aj šikminy a iné náročnejšie tvary stien.

Firmy Ytong aj Porfix ponúka ucelené systémy výstavby, všetky druhy tvární, stropné systémy, vencové tvárnice a U-profilu na ľahké zhotovovanie vencov, nosné a nenosné prekklady a v prípade Ytongu aj schodové prvky.

### Vlastnosti pórobetónu

Pórovitá štruktúra pórobetónu je výhodná z hľadiska takmer všetkých sledovaných parametrov. Objemová hmotnosť je nízka, čo šetrí náklady pri dimenzovaní nosných konštrukcií, ale aj pri doprave a spracovaní. Pórovitá štruktúra pri svojej vlastnej nízkej hmotnosti veľmi dobre znáša pôsobenie tlakových síl. Póry sú výhodné aj z hľadiska zvukovoizolačných schopností, pretože absorbujú časť zvukovej energie.

Celý systém je zameraný na zmenšenie počtu mokrých procesov. Tvárnice na nosné a obvodové steny majú do seba zapadajúce perá a drážky. Vďaka tomu sa pri murovaní používa malta iba v horizontálnych škárach. Vďaka nízkej objemovej hmotnosti pórobetónovej hmoty možno vyrábať relatívne veľké tvárnice, takže pri niektorých značkách potrebujeme na štvorcový meter len šesť-sedem kusov. Takýto systém zmenšuje počet maltovaných spojov a celkovo zmenšuje počet úkonov pri murovaní.

Využitie technológie tenko vrstvomurovania umožňujú tvárnice vyrábané s veľkou presnosťou. Medzi stavebníkmi sa zaužíval pojem lepenie a namiesto malty slovo lepidlo. Výhodou je, že na vymurovanie 1 m<sup>3</sup> steny vystačíme so 14 kg malty. Miešačka ani pracovníci na jej obsluhu nie sú potrební a zmenšujú sa náklady na dovoz piesku. Maltu dodávanú vo vreciach v práškovej forme treba pred použitím rozmiešať s vodou.

Obr. 1: Postupnosť krokov metodiky optimálneho výberu stavebnej technológie pre výstavbu nízkonákladových bytových domov  
zdroj: autori



### Technológia výstavby z kusových stavív HELUZ

Pri zvyšovaní tepelno-izolačných parametrov jednovrstvomurovania bolo nutné zaistiť tiež ostatné potrebné vlastnosti, ako je napr. pevnosť tehlových blokov, pevnosť muriva, akustické vlastnosti. Pri tehloch HELUZ s integrovanou izoláciou boli zachované i ostatné parametre, ktoré sú pre murivo z klasických tehlových blokov samozrejmosťou a to:

výhodné difúzne a tepelno-akumulačné vlastnosti, požiarna odolnosť a zdravotná neškodnosť. Bolo pamätané tiež na praktickú stránku

veci, ako je samotná výstavba stien z týchto tehlových prvkov a bežné zhotovovanie detailov.

Brúsené tehly HELUZ Family 2in1 šírky 500, 440 a 380 mm sú určené na stavbu energeticky efektívnych budov (nízkoenergetických či pasívnych). Vďaka svojim tepelno-izolačným parametrom predstavujú v súčasnosti špičku medzi murovacími materiálmi. Úniky tepla stenami obvodového plášťa domu však tvoria 20 – 30 % z celkovej tepelnej straty a preto je pre dosiahnutie čo najúspornejšieho domu nutné voliť vhodne i ostatné konštrukcie. Ďalšou významnou otázkou je správna voľba technického vybavenia.

### Výber technológie pre výstavbu nízkonákladových bytových domov

Obrázok 1 popisuje jednotlivé postupové kroky k návrhu optimálnej metodiky výberu stavebnej technológie nízkonákladových bytových domov.

### Vybrané kritériá a okrajové podmienky

Každá stavebná technológia má jedinečný charakter, z ktorého vyplýva postup výstavby, technologické prestávky, trvanie prác a taktiež potrebné finančné prostriedky. Aj každá jedna stavba má svoj jedinečný charakter,

ktorý vyplýva z podmienok na výstavbu ako je poloha, riešenie zariadenia staveniska - projekt organizácie výstavby, vplyv poveternostných podmienok, zložitosť výstavby a tiež jej financovanie. Všetky tieto faktory ovplyvňujú či už priamo alebo nepriamo výber stavebnej technológie.

Na začiatku je potrebné určiť obmedzujúce kritéria a okrajové podmienky pre návrh stavebnej technológie. Keďže kritérií na realizáciu je veľa, tak na základe konzultácií s odborníkmi z praxe boli zvolené za najdôležitejšie kritériá:

- Stavebno-technologické – jednotlivé stavebné technológie pre obvodové konštrukcie
- Environmentálne – tepelný odpor celej konštrukcie obvodovej steny
- Časové – doba trvania prác realizácie obvodových stien
- Ekonomické – kalkulácia ceny pre realizáciu obvodových stien

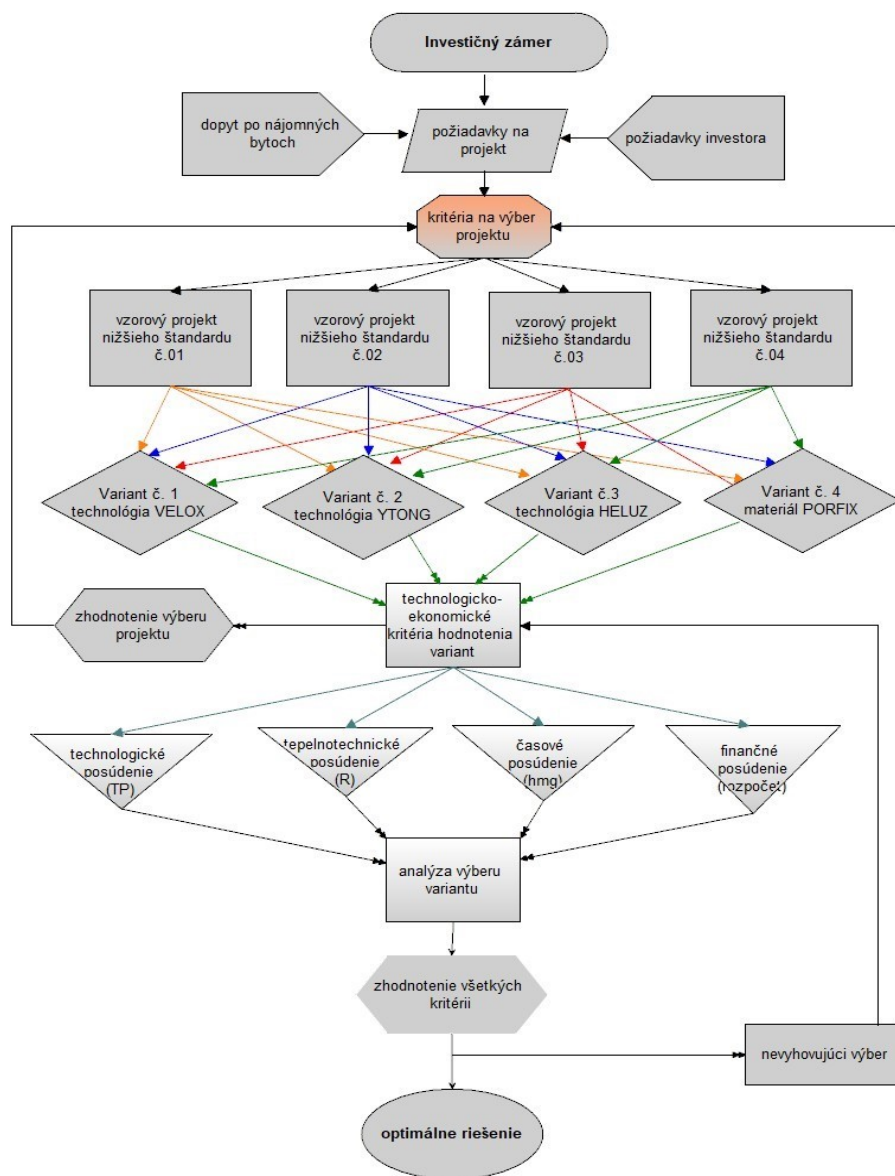
### Návrh metodiky optimálnej stavebnej technológie pre vybraný stavebný proces

Návrh metodiky výberu optimálnej stavebnej technológie pre vybraný stavebný proces pri výstavbe nízkonákladových bytových domov začína investičným zámerom obce, mesta, mestskej časti, vyššieho územného celku, alebo neziskovej organizácie.

Požiadavky na projekt sú jednak zo strany investora, ktorý chce postaviť nízkonákladový bytový dom s cenou pre neho prijateľnou a zároveň musí rešpektovať kritéria MDV SR pre podporu výstavby nízkonákladových bytových domov nižšieho štandardu. Pri nesplnení požiadaviek pre podporu nájomných nízkonákladových bytových domov nevzniká investori, teda obci, mestskej časti alebo mestu nárok na finančnú podporu štátu.

Na výber stavebného projektu sú aj zo strany budúcich nájomníkov kladené požiadavky napr. na dispozičné rozmiestnenia jednotlivých miestností, dverných a okenných otvorov, orientáciu na svetové strany a atď. Všetky tieto požiadavky sa musia prejavíť v navrhovanom projekte pre výstavbu nízkonákladového bytového domu nižšieho štandardu.

Najdôležitejším rozhodovacím faktorom je výber stavebnej technológie. Tieto stavebné technológie boli zvolené ako variantné riešenie pre nosné obvodové konštrukcie.



Obr. 2: Vývojový diagram výberu optimálnej stavebnej technológie  
Zdroj: autori

### Technologické hľadisko

Pri voľbe stavebnej technológie sa najväčšie nároky kladú na nosné obvodové steny. V prvom kroku je dôležité rozhodnúť sa medzi výstavbou z kusových stavív, alebo z rôznych typov dielcov, prípadne celých rámov.

Stavebný materiál v prvom rade musí spĺňať statické požiadavky na stavbu ako celok. Každá tvarovka má predpísanú únosnosť, respektíve pevnosť v tlaku. Na jedno až dvojpodlažné stavby postačuje pevnosť v tlaku 2 až 4 MPa – presná hodnota samozrejme závisí od tvaru konštrukcie a zložitosti domu alebo od navrhnutého nosného systému. Takúto požiadavku splnia aj steny s hrúbkou 200 až 300mm, postavené z tvaroviek určených na nosné steny.

Na rozdiel od priečok však musia mať obvodové steny aj dostatočný tepelný odpor „R“, respektíve tepelnoizolačnú schopnosť, ktorú vyjadruje súčiniteľ prechodu tepla „U“. V zásade sú dve možnosti a to typ jednoduchého muriva, ktoré spĺňa požiadavku na únosnosť a doplní sa tepelnou izoláciou alebo je na výber tvarovka, ktorá spĺňa oboje. Pri výbere optimálnej stavebnej technológie sú dôležité aj parametre pre dosiahnutie nízkoe-nergetického štandardu.

Pri rozdielnych materiáloch je rôzna prácnosť aj pri vedení inštalácií. Čas výstavby však môžu predĺžiť aj mokré procesy. Prácnosť výstavby súvisí aj so zložitou konštrukciou a výsledným tvarom. Eliminovanie tepelných mostov, ktoré je dôležité, býva všeobecne časovo a aj finančne náročnejšie.

Pre variantné riešenia vybranej stavebnej konštrukcie – obvodové konštrukcie boli navrhnuté stavebné technológie VELOX, YTONG, HLEUZ FAMILY 2in1 a PORFIX.

Výber z týchto stavebných technológií ovplyvňuje najmä technologické hľadisko a to postupom výstavby a vhodnosťou použitia stavebnej technológie pre vybraný typ projektu a pre miestne podmienky výstavby. Ďalšou dôležitým kritériom je výber z ekonomického hľadiska. Po zhodnotení výberu stavebnej technológie z hľadiska vhodnosti použitia pre vybraný projekt, môžeme postúpiť k výberu stavebnej technológie z ďalších zvolených hľadísk tohto variantu. Ak nám náš výber variantu stavebnej technológie z nejakého dôvodu nevyhovuje, je tu možnosť vybrať vhodnejší variant podľa technologických zásad. Vždy sa dá vrátiť o krok späť a prehodnotiť výber projektu alebo variant stavebnej technológie.

Výber variantnej stavebnej technológie môžeme nasledovne posúdiť:

- Technologické posúdenie
- Tepelnotechnické posúdenie
- Časové posúdenie
- Finančné posúdenie

#### Tepelno-technické hľadisko

Nielen schopnosť materiálov tepelne izolovať, ale aj schopnosť akumulovať teplo je pri výbere stavebnej technológie dôležitá. Aby rozhodovanie nebolo také jednoduché, materiály s najlepšou tepelnoizolačnou schopnosťou majú najhoršiu tepelno-akumulačnú schopnosť.

Pri návrhu stavebných konštrukcií a budov sa požaduje splnenie kritéria:

- Kritérium minimálnych tepelnoizolačných vlastností stavebnej konštrukcie,
- Hygienické kritérium,
- Kritérium výmeny vzduchu,
- Energetické kritérium,
- Kritérium minimálnej požiadavky na Energetickú Hospodárnosť Budov.

Nové budovy musia spĺňať normalizované (požadované) požiadavky na tepelnotechnické vlastnosti stavebných konštrukcií a budov. Normalizované požiadavky musia splniť aj významné obnovované budovy. Stavebné konštrukcie musia spĺňať požiadavky na vylúčenie rizika rastu plesní na ich vnútornom povrchu (Hygienické kritérium) a na vylúčenie kondenzácie vodnej pary v stavebnej konštrukcii alebo na jej vnútornom povrchu. Splnením týchto požiadaviek sa zabezpečuje preukázanie splnenia základnej požiadavky na hygienu a ochranu zdravia. Požiadavky na stavebné konštrukcie a budovy zohľadňujú rôzne úrovne energetickej hospodárnosti.

Stanovené sú minimálne požiadavky (maximálne hodnoty), normalizované (požadované), odporúčané a cieľové odporúčané hodnoty požiadaviek vyjadrujúcich sprístupňovanie tepelno-technických vlastností stavebných konštrukcií a budov pre tieto úrovne:

- Energeticky úsporná budova (minimálna požiadavka),
- Nízkoenergetická budova (požadovaná požiadavka)
- Ultránízkoenergetická budova (odporúčaná požiadavka),
- Budova s takmer nulovou potrebou energie (cieľová odporúčaná požiadavka).

#### Časové posúdenie

Časový harmonogram (časový plán výstavby) je dokument, ktorý slúži na informáciu o časovom priebehu prípravy a realizácie výstavby.

Tento dokument má dôležitú výpovednú hodnotu z pohľadu nielen časového trvania realizácie výstavby, ale aj z hľadiska kapacitného (nároky na ľudské zdroje, materiály, mechanizmy, energie) a v neposlednom rade aj z hľadiska financovania výstavby.

Časový plán na prípravu výstavby je súhrnný časový plán so základnými údajmi o pripravovanej výstavbe. Do časového plánu výstavby bytového domu je potrebné zaradiť aj objekty, ktoré súvisia s funkčnosťou objektu. Sú tam aj práce, ktoré súvisia s prípravou stavebníka, vybudovanie alebo prekládky inžinierskych sietí, opлотenie, terénne a sadové úpravy a podobne. Z týchto objektov sa zostaví objektová skladba s číslom a názvom objektu, s termínmi začatia a ukončenia výstavby objektov, prípadne aj s predpokladanými finančnými nárokmi (rozpočtovými nákladmi).

Predstavuje integrujúci prvok pri návrhu technologickej, priestorovej, časovej aj staveniskovej štruktúry výstavbového procesu. Dôležitá je aj vhodná forma spracovania časového plánu. V stavebnej praxi našiel program MS Project svoje uplatnenie najmä v oblasti týkajúcej sa generovania časových plánov výstavby. V prostredí MS Project je možné zostaviť harmonogram prác pre sledovanie realizácie prác priamo na stavbe, ako aj súčtové grafy pre priradené zdroje k úlohám pre účely optimalizácie. [3]

Časové trvanie prác závisí na osobitostiach stavby, lokality, dopravnej dostupnosti, na jej špecifikách z hľadiska rozsahu vykonávaných prác, technologickej náročnosti. Časová náročnosť výstavby môže závisieť od:

- rozsahu stavebných prác a ich zložitosti,

- technologickej náročnosti,
- iných špecifik stavby – lokalita, dopravná dostupnosť, rozsah zemných prác, spôsob založenia objektu, ovplyvnenie výškou hladiny spodnej vody,
- klimatických podmienok - ročné obdobie, v ktorom sa bude stavba realizovať,
- spôsobu výstavby – na kľúč, svojpomocne alebo kombináciou.

#### Ekonomické hľadisko

Rozpočet je základný dokument výrobnjej prípravy stavby a na jeho základe vie investor uskutočniť výberové konanie na zhotoviteľa stavby.

Potenciálny zhotoviteľ predkladá odberateľovi návrh ceny stavebnej zákazky formou ponukového rozpočtu. Podklady pre rozpočet sú technické (projektová dokumentácia), technologické (technologické postupy výstavby) a oceňovacie (softvér, ...).

Rozpočet je predbežnou cenovou kalkuláciou, nakoľko sa spracováva v pred realizačnej fáze zhotovenia stavebného diela. Jeho výsledkom je zmluvná cena na základe položkového rozpočtu. Je to výsledok dohody investora, ktorý spracoval kontrolný rozpočet a zhotoviteľa, ktorý spracoval ponukový rozpočet, za účelom vykalkulovania ponukovej ceny a uchádzania sa o zákazku.

Kontrolný rozpočet spracováva investor za účelom získania informácie o cene stavebného diela, porovnáva si jednotlivé cenové ponuky od potenciálnych dodávateľov. Ďalej plní funkciu podkladu pre vypracovanie časového plánu a ako „slepý rozpočet“ (bez cien) plní aj funkciu výkazu-výmer v procese verejného obstarávania.

Dôležitou súčasťou rozpočtu je výkaz-výmer, ktorý vyjadruje popis stavebného objektu súborom položiek stavebných a montážnych prác, dodávok (špecifikácií) stavebných materiálov, strojov a zariadení s uvedením ich množstva merných jednotiek ( $m^3$ ,  $m^2$ ,  $m$ ,  $ks$ ,  $t$ ,  $sub.$  a pod.)

Podklady potrebné pre spracovanie rozpočtu:

- technické – technická správa k projektu stavby a výkresová dokumentácia,
- technologické – projekt organizácie výstavby, technologické postupy realizácie stavebných procesov,

- oceňovacie – smerné orientačné ceny alebo firemné ceny individuálne vykalkulované. [4]

Základom rozpočtovania v stavebníctve je zostaviť predbežné, priebežné a finálne kalkulácie všetkých nákladov, ktoré vznikajú v súvislosti so stavebnou činnosťou v prípravnej aj realizačnej fáze stavebného diela.

Od úrovne nákladov a realizovaných výkonov v podstatnej miere závisí výsledný efekt podnikania a možnosť ďalšieho rozvoja stavebnej firmy. Primárnu úlohu v tomto procese zohrávajú náklady. [5]

## Záver

Bez vysporiadania pozemkov, nie je možné začať proces legalizácie existujúcich stavieb, nie je možné realizovať ďalšie stavby do budúcnosti (či už sa jedná o nájomné byty nižšieho štandardu, alebo individuálnu bytovú výstavbu), nie je možné ani budovanie infraštruktúry. Nelegálne stavby nezakladajú nárok na vyrubenie miestnych daní, čo v konečnom dôsledku ochudobňuje rozpočty obcí. Obyvatelia týchto komunít si nemôžu požiadať o niektoré sociálne príspevky (napr. na bývanie), čo opäť vedie k znižovaniu obecných rozpočtov. Bolo by potrebné, ak by sa kompetentní touto otázkou zaoberali a pripravili jednotnú právnu normu, ktorá by celý tento

proces pomohla vyriešiť, aby hľadali možnosti zjednodušenia administratívnych a právnych konaní, odpustenia mnohých správnych poplatkov, alebo dokonca prijatia samostatného zákona a pod.

Medzi tieto zmeny patria aj systémové riešenia vysporiadania pozemkov a legalizácie stavieb. [6]

Na záver je možné zhodnotiť, že výber optimálnej stavebnej technológie je zložitý proces, ktorý si každý subjekt môže zvoliť podľa svojich požiadaviek, ktoré zadefinuje do kritérií. Táto metodika je aplikovateľná aj na iné stavebné konštrukcie ako vybraný stavebný proces – obvodové konštrukcie. V konečnom dôsledku je možné aplikovať túto metodiku na všetky stavebné konštrukcie pre rôzne projekty výstavby nízkonákladových bytových domov. Do budúcnosti by bolo vhodné podporiť metodiku softvérovým riešením.

Navrhovaná metodika môže pomôcť pri výstavbe nízkonákladových bytových domov obciam, mestským častiam, územným celkom, ktoré musia riešiť problémy nedostatku takéhoto typu bývania na Slovensku.

Metodika bola aj verifikovaná na konkrétnom príklade a bola prezentovaná viacerým starostom obcí, ako metodická príručka pre výstavbu nízkonákladových bytových domov, ktorí potvrdili jej reálne vyžitie v praxi. Koncom roku 2019 bola táto problematika spracovaná aj knižne pod názvom „Metodika pre výber

nízkonákladových bytových domov, Technicko-ekonomické hľadisko“. [7]

## Literatúra:

- [1] Dlhodobá koncepcia bývania pre marginalizovanú skupinu obyvateľstva a model jej financovania. [online] publikované 2005. [citované 25.01.2013]. Dostupné z <http://www.build.gov.sk/mvrrsr/index.php?id=17&cat=266&comment=2317>
- [2] Nájomné byty ľuďom zúfalo chýbajú. In: Bratislavské noviny. Ročník XXII.- Číslo 22, z 1. 11. 2019, str. 1-2 .
- [3] BAŠKOVÁ, R. 2011. Časové plánovanie výstavby v programe MS Project. Košice: TUKE. 2011. ISBN 978-80-553-0818-0.
- [4] ELLINGEROVÁ, H. 2014. Náklady a ceny v stavebníctve. Brno: Tribun EU, spol. s r. o. 2014. ISBN 978-80-263-0557-6.
- [5] MESÁROŠ, F., P. MASÁROŠ. 2009. Controlling nákladov na stavebné procesy. Košice: VÚSI, spol. s r. o. 2009. ISBN 978-80-89383-02-3.
- [6] MUŠINKA, A. 2012. (Ne)legálne osady. Možnosti samospráv a mechanizmy vysporiadania pozemkov v prostredí rómskych osídlení. Prešov: Vydavateľstvo Prešovskej univerzity. 2012. ISBN 978-80-555-0532-9
- [7] ŠČEPKA, M., E. JANKOVICOVÁ. 2019. Metodika pre výber nízkonákladových bytových domov. Brno: Tribun EU, spol. s r. o. 2019. ISBN 978-80-263-1543-8.

## Autori:

- Doc. Ing. Eva Jankovichová, PhD., Slovenská technická univerzita, Bratislava
- Ing. Miroslav Ščepka, PhD., absolvent doktorandského štúdia STU v Bratislave

## Zaradenie článku:

- Vedecký

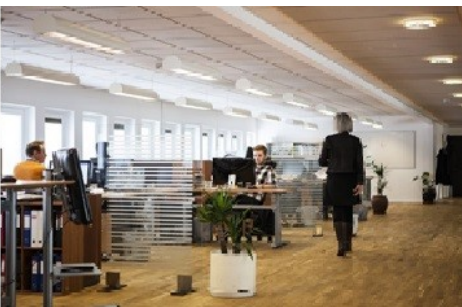


# Stavebný manažment inak...

HICO, s.r.o., Námestie SNP 16  
974 01 Banská Bystrica  
[www.hico.sk](http://www.hico.sk) • [hico@hico.sk](mailto:hico@hico.sk)

# Priestorové plánovanie vo facility mažmente

## Space Planning in Facility Management



Cieľom príspevku je priblíženie problematiky priestorového plánovania v oblasti facility managementu. Pre priestorové plánovanie sú dôležité: finančné náklady na vybavenie – zariadenia, technické riešenie, komfort pre pracovníkov a efektívnosť procesov na pracovisku s ktorou je spojený zisk spoločnosti. Cieľom je riešiť pracovný priestor tak, aby boli splnené: legislatívne a normové požiadavky, bezpečnosť a ochrana zdravia pri práci, ochrana životného prostredia spojená s odpadmi.

V príspevok je stručne popísaný postup organizácie priestorového plánovania realizovanej drobnej rekonštrukcie kancelárskych priestorov.

### Kľúčové slová:

Priestorové plánovanie, Facility manažment

The aim of the article is to approach the issue of space planning within of Facility management. For space planning are important: financial costs for the equipment, technical solution, comfort for employees and understanding the efficiency of processes in the workplace, which is associated with the profits of the company. The objective is solved the workspace so as to meet: legislative and standards requirements, occupational health and safety and environmental protection associated with the waste.

The article briefly describes the procedure of organizing the space planning of office space reconstruction.

### Key words:

Space planning, Facility management

### Úvod

Priestorové plánovanie je oblasť, ktorá sa neustále mení s meniacimi sa požiadavkami na pracovný priestor.

Vznikajú oddychové zóny pre pracovníkov, neustále sa zlepšuje technického a technologické vybavenie pracovných priestorov, resp. celkový komfort pracovného prostredia, energeticky hospodárne priestory a mnohé ďalšie výhody pre pracovníkov a životné prostredie. Avšak dôležitou súčasťou pri riešení pracovného priestoru je mať:

Obr. 1. Požiadavky ovplyvňujúce priestor



poznatky o všetkých požiadavkách pre pracovný priestor a organizáciu práce (plánovanie) samotnej rekonštrukcie.

Príspevok sa venuje vybraným základným požiadavkám pracovného prostredia a stručného príkladu postupu pri drobnej stavebnej rekonštrukcii (uvedený príklad výmeny kobercov a vymaľovanie priestoru) z hľadiska facility managementu.

### Pracovné prostredie

Rastúce požiadavky pre pracovné prostredie a prípadná kontrola štátnymi orgánmi, sú opodstatnením a predpokladom pre správny návrh a riešenie pracovného priestoru. Pracovný priestor zabezpečujú celý rad procesov a činností a preto musí byť zabezpečená: plynulosť a bezporuchovosť pracoviska, bezpečnosť pracovníkov a zákazníkov, nakladanie s nebezpečnými látkami (tonery, svietidlá, batérie) a odpadmi resp. ochrana životného prostredia a mnohé ďalšie. Vyššou pridanou hodnotou nového pracovného prostredia

môže byť: prevádzka priestoru sa nákladovo zníži - zefektívni, zabezpečí sa vyššia bezpečnosť pracovníkov a klientov, vytvorí sa oddychové miesto v pracovnom priestore, zlepši sa celkový komfort pracoviska, technický stav, technologické vybavenie.

S problematikou pracovného priestoru sú úzko späté ďalšie vedné disciplíny. Vynechanie ktorejkoľvek technickej, ekonomickej, energetickej, environmentálne a bezpečnostnej stránky môže výrazne ovplyvniť výsledok a prepojenosť pracovného priestoru a jej pracovníkov.

Požiadavky na priestor:

Zákony, normy a vyhlášky presne určujú podmienky pre správnu a bezpečnú prevádzku pracovného priestoru a celého objektu.

Jednou z požiadaviek je nariadenie vlády Slovenskej republiky o minimálnych bezpečnostných a zdravotných požiadavkách na pracovisko (391/2006 Z.z.), ktorá uvádza napríklad:

- Únikové cesty a východy
  - trvalo voľné, viesť čo najkratšou cestou na voľné priestranstvo/bezpečný priestor
  - počet, rozmiestnenie, rozmery ciest a východov
  - únikové cesty, dvere musia byť označené, osvetlené
  - ďalšie
- Vetranie
  - zabezpečenie čerstvého vzduchu
  - zamestnanci nesmú byť vystavení prievanu
  - na jedného zamestnanca najmenej 30 m<sup>3</sup>h<sup>-1</sup> vzduchu, pri fyzickej práci výmena vzduchu 50 m<sup>3</sup>h<sup>-1</sup>

- Teplota na pracovisku
  - teplota počas pracovného času v miestnostiach musí byť primeraná na pracovné postupy, fyzickú záťaž
  - okná, strešné okná svetlíky musia zabráňovať nadmernému pôsobeniu slnečného svetla
- Denné a umelé osvetlenie pracovísk
  - v čo najväčšej miere pracovisko osvetlené denným svetlom
  - osvetľovacie zariadenia v miestnostiach, chodbách sa musia umiestniť tak, aby neohrozovalo nebezpečenstvo úrazu zamestnancov
- Rozmery miestnosti a voľný priestor v miestnostiach, voľnosť pohybu na pracovisku
  - pracovná miestnosť musí mať dostatočnú podlahovú plochu, výšku, voľný priestor – pre pracovanie bez ohrozenia bezpečnosti, zdravia
  - pre 1. zamestnanca má byť na pracovisku voľná podlahová plocha najmenej 2m<sup>2</sup> okrem zariadení a spojovacej cesty
  - šírka voľnej plochy na pohyb nemá byť v žiadnom mieste zúžená na menej ako 1 meter
- Tehotné ženy a dojčiacie matky
  - musia mať možnosť oddychovať poľahčinky v primeraných podmienkach
- Zariadenia na osobnú hygienu
  - dodržiavať stanovené počty záchodových mís, pisoárov
- Miestnosť na upratovanie
  - musí byť zariadená na každom podlaží pracoviska ak je to potrebné musí byť vetrateľná a vybavená výlevkou s výtokom teplej a studenej vody
  - vybavenie miestnosti skrinkou na odkladanie čistiacich a dezinfekčných prostriedkov
- Miestnosť na poskytnutie prvej pomoci
  - ak si to vyžaduje veľkosť pracovných priestorov, druh činnosti...
  - lekárnička
- Vonkajšie pracoviská
  - primerane osvetlené umelým osvetlením
  - chráni pred nepriaznivými poveternostnými vplyvmi
  - zamestnanci nesmú byť vystavení škodlivej hladine hluku, inými vonkajšími vplyvmi
  - rýchle opustenie pracoviska v prípade nebezpečenstva [1].

a mnohé ďalšie normové požiadavky a nariadenia.

## Postup riešenia rekonštrukcie pracovného prostredia – plánovanie vo facility manage-mente

Základné faktory ovplyvňujúce rekonštrukciu kancelárskych priestorov:

- rozsah činnosti rekonštrukcie (napr. kompletná rekonštrukcia priestorov vrátane výmeny elektrických rozvodov, čiastočná rekonštrukcia – len vymaľovanie, výmena kobercov, prípadne iné)
- množstvo: nábytku, technických a technologických zariadení, prípadne zložitost zariadení
- veľkosť priestorov (súvisiace s dočasným odložením resp. presúvaním nábytku z rekonštruovaných priestorov)
- do voľných priestorov)
- predpokladané alebo skryté konštrukčné nedostatky (napr. zistené po odstránení stropného podhľadu a atď.)
- iné

Pod drobnou rekonštrukciou, ktoré spoločnosti najčastejšie realizujú rozumieme – vymaľovanie spojené s výmenou kobercov (podlahy) v štandardných kancelárskych priestoroch.

Nižšie je popísaný postup drobnej rekonštrukcie kancelárskych priestorov v objekte 1 000 m<sup>2</sup> (typické podlažie 2 N.P.) podlahovej plochy, ktoré bolo možné realizovať len počas víkendov vzhľadom na nepretržitú prevádzku počas pracovných dní. Počas víkendu bolo naplánovaná realizácia 250 m<sup>2</sup> vzhľadom k vybaveniu a zariadení kancelárskych priestorov a využitia ostatných priestorov (dočasné umiestnenie nábytku z rekonštruovaných priestorov do ostatných priestorov – chodby, iné kancelárie).

Obr. 2 Postup riešenia priestoru kancelárskych priestorov pri drobnej rekonštrukcii



### Zámer, idea

Prvým krokom spoločností k realizovaniu drobnej rekonštrukcie je nápad, idea prípadne zámer. Rozhodnutie spoločností riešiť priestor sú najčastejšie:

- zvýšenie komfortu, estetiky daného prie-

storu (napr. nový nábytok, vymaľovanie priestoru, nové dispozičné riešenie ...)

- odstránenie nedostatkov, porúch (napr. výmena starých elektrických rozvodov, vlhnutie ...)
- vybavenie kancelárskych priestorov novým technickým a technologickým vybavením (napr. nová vzduchotechnika, IT kabeľláž ...)
- nové dispozičné riešenie (napr. v časti kancelárie vytvorená oddychová zóna, nové alebo zrušené pracovné miesta, ...)

### Finančné zdroje

Pre spoločnosti je v tomto kroku spravený rozpočet predpokladanej drobnej rekonštrukcie podľa požiadaviek spoločnosti. Definujú sa: materiály, technické/technologické vybavenie, množstvo, práca, odvoz odpadov zo stavebnej činnosti, prípadne nový nábytok.

### Časový harmonogram (v prípade potreby výkresová dokumentácia)

V časovom harmonograme sú definované termíny – čas, dodávateľia, subdodávateľia, jednotlivé činnosti. V prípade potreby je pripravená výkresová dokumentácia s očíslovanými pracovnými miestami a nábytkami (zariadeniami).

Postupnosť krokov pri výmene kobercov a vymaľovania bola nasledovná:

- korektné odpojenie výpočtovej techniky (IT oddelenie)
- označenie nábytku a zariadení, vysťahovanie priestorov
- samotná realizácia rekonštrukcie (vytrhanie kobercov, drobné opravy podláh a stien, vymaľovanie)

- spätné nasťahovanie nábytku a zariadení podľa označenia
- korektné zapojenie výpočtovej techniky

## Informovanie

Vo fáze informovania sú informovaní:

- dotknutý vedúci oddelení (vedúci oddelenia informujú dotknutých zamestnancov)
- všetci dodávatelia realizujúci drobnú rekonštrukciu, zamestnanci zúčastňujúci sa realizácie drobnej rekonštrukcie

## Realizácia

Po verifikovaní termínov a činností drobnej rekonštrukcie prebieha samotná rekonštrukcia podľa časového harmonogramu, výkresovej dokumentácie.

Činnosti spojené s výmenou kobercov a vymaľovaním boli rozvrhnuté na dva dni (víkend). V tomto termíne podľa časového harmonogramu a množstva nábytku a zariadení je možné priemerne zrealizovať 250 m<sup>2</sup> výmeny kobercov a vymaľovania priestorov v rozsahu uvedenom v časovom harmonograme.

Spoločnosti si skontrolujú a preberú zrealizovanú rekonštrukciu.

## Užívanie

Po skončení a zrealizovaní rekonštrukcie nasleduje bežná údržba a kontrola priestorov. Po uplynutí určitej doby sa vyhodnotí efekt zrealizovanej rekonštrukcie.

## Záver

Príjemné pracovné prostredie spĺňajúce všetky požiadavky má priamy vplyv na produktivitu a výkon pracovníkov a tým aj na zisk spoločnosti. V súčasnosti pracovné prostredia ovplyvňujú dva výrazné vplyvy. Prvým je, že nezamestnanosť v Slovenskej republike je v súčasnosti historicky na najnižšej úrovni. Preto je celkovo pracovné prostredie a dizajnové riešenie pracoviska jedným z kritérií pri výbere spoločnosti novými zamestnancami.

Druhým faktorom je nový trend – úspora nákladov na pracovné priestory. Pracovníci čoraz viac pracujú z domu „home office“ a porady sa konajú napr. jedenkrát v týždni. Spoločnosti v tomto prípade najčastejšie využívajú prenájom priestoru – zasadacej miestnosti (napr. 2 – 3 hodiny) alebo komunikácia prebieha „len“ videohovormi, prípadne podnikovými sociálnymi sieťami. .

## Literatúra:

[1] Nariadenie vlády č. 391/2006 Z.z.

## Autori:

- Ing. Richard Matúšek, PhD., Stavebná fakulta STU, Bratislava
- Ing. Martin Hanko, PhD., Stavebná fakulta STU Bratislava

## Zaradenie článku:

- Odborný



**Ján Briatka B a B, s. r. o.**  
Poštová 11  
97226, Nitrianske Rudno

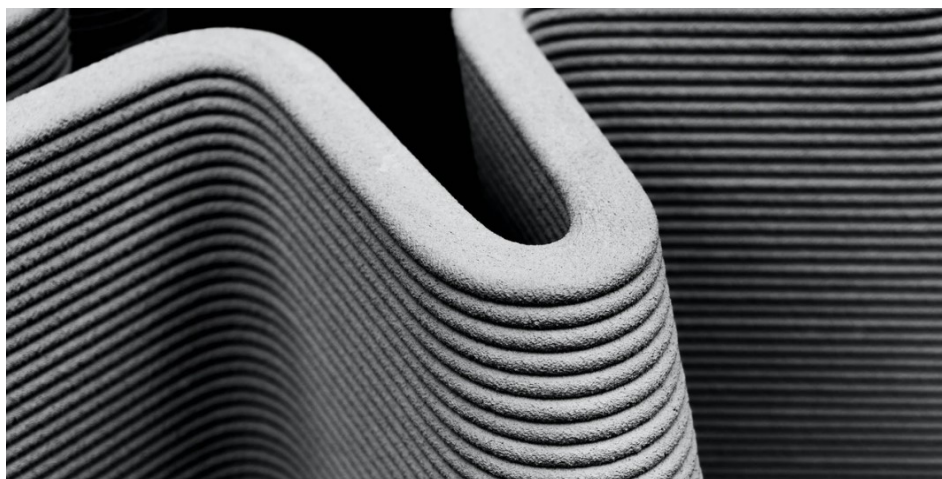
Email: [info@stavby-bab.sk](mailto:info@stavby-bab.sk)  
Mobil: 0905 586 412  
Tel: 046 5455673  
Fax: 046 5455673

[www.stavby-bab.sk](http://www.stavby-bab.sk)



# 3D tlač a jej súčasný stav v stavebníctve

## 3D printing and its current state in civil engineering



3D tlač je technológia aditívnej výroby, ktorá si postupne razí cestu do všetkých významných odvetví. Aj keď sa môže zdať, že ide o novodobú technológiu, vznikla už v osemdesiatych rokoch minulého storočia. Na dennej báze sa využíva v zdravotníctve, leteckom, automobilovom alebo strojárskom priemysle. Odvetvie, ktoré túto technológiu doposiaľ často nevyužíva je stavebníctvo. Jedným z hlavných dôvodov je skeptický postoj firiem voči zavedeniu tejto pomerne novej technológie, nakoľko sú pracovníci zvyknutí využívať klasické technológie výstavby. Tento článok popisuje všeobecné zloženie zmesi vhodnej na 3D tlač budov a jej vlastnosti. V ďalšej časti sú charakterizované najpopulárnejšie technológie využívané pre 3D tlač v stavebníctve. Na záver je uvedených pár najznámejších príkladov realizácie konštrukcií.

### Kľúčové slová:

3D tlač, Aditívna výroba, 3D tlač betón, Cementové kompozity, Contour crafting

3D printing is an additive manufacturing technology that is gradually making its way into all major industries. Although it may seem like a modern technology, it originated in the eighties of the last century. It is used on a daily basis in the healthcare, aerospace, automotive or engineering industries. The industry that does not often use this technology so far is construction. One of the main reasons is the skeptical attitude of companies towards the introduction of this relatively new technology, as workers are used to using conventional construction technologies. This article describes the general composition of a mixture suitable for 3D printing of buildings and its

properties. The next section characterizes the most popular technologies used for 3D printing in construction. Finally, a few of the best-known examples of construction are given.

### Key words:

3D printing, Additive manufacturing, 3D printing concrete, Cement-based materials, Contour crafting

### Introduction

The construction industry produces up to 35% of the total amount of solid waste on earth. [1] This waste is then disposed of by incineration or taken to a landfill, where it directly contributes to environmental pollution. In addition, construction is a sector where serious injuries occur in the workplace. The construction process is often lengthy, inaccurate and costly. Nevertheless, conventional construction methods are currently still used. The introduction of 3D printing technology would increase safety at work, reduce the negative impact on the environment by reducing waste (especially formwork waste), reduce construction time, increase accuracy and, last but not least, architects and designers would have more freedom to create interesting designs of buildings.

### Mixture properties

The material used for 3D printing of building structures must have specific properties. This material is a mortar mixture that consists of cement, water and sand. In order to have the properties necessary for printing, various additives and admixtures must be added to this mixture. The most commonly used are

superplasticizers and accelerators of setting and hardening. In addition to these substances, fly ash, carbon reinforcing fibers or polypropylene fibers are often added. Reinforcing fibers are added to prevent shrinkage. In addition to changing the raw materials, the water content is often adjusted, which also has a significant effect on the behavior of the mixture. It is very important to find the right ratio between the individual components in order to achieve the desired properties. The most important properties include: pumpability, extrudability and buildability. Pumpability defines the ability of a mixture to pass from a reservoir to a nozzle. The choice and proportion of raw materials has a significant effect on the behavior of the fresh mixture, so it is very difficult to establish quantitative links between composition and rheological properties. [2] Extrudability defines the ability of a mixture to be extruded from a nozzle in a continuous stream without clogging the nozzle. [3] The definition from the Technical University of Dresden in Germany states that extrudability is the ability of a material to be extruded from a nozzle using a minimum amount of energy. The last feature - buildability, defines the ability of the printed layer to support the weight of other layers that will be printed on it. This resistance is most often determined by the maximum number of printed layers of material to the moment, until the lowermost layers do not undergo deformation under the pressure of the higher layers. [4].

### Printing process

The printing process can be divided into 3 phases: data preparation, preparation of mixture and component printing. In the data preparation phase, the component is designed as a 3D CAD model. It is then converted to STL format, where it is divided into individually printed layers. Once the fresh mortar mixture is ready, printing can begin. [5] The pump pushes the mixture through the pipes to the printhead, at the end of which is a nozzle. The scheme of operation is shown in Fig. 1. This nozzle can have various shapes.

The research at the Technical University of Eindhoven in the Netherlands first used a nozzle with a circular cross-section with a diameter of 25 mm and later with a square cross-section with a side length of 25 mm. However, with these nozzles, there was a problem in changing the printing direction as the mixture began to twist at the corners of the printed structure. For this reason, they currently use a nozzle of rectangular cross-section measuring 40 x 10 mm. [6] Regarding the types of 3D printing, Contour Crafting, Concrete Printing and D-Shape are currently the most popular technologies for printing in construction.

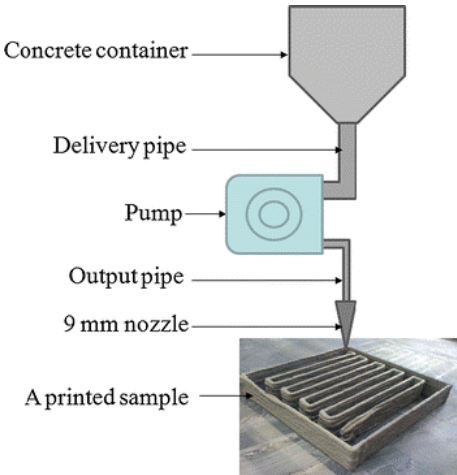


Fig. 1: Operation scheme [5]

### Contour Crafting

A technology called Contour Crafting is most often used for 3D printing of concrete structures. The inventor of this technology is Professor Behrokh Kohshnevis, who works at the University of Southern California in the USA. [7] At the beginning of the research, he researched the printing of ceramic materials. He is currently printing mortar mixtures. He is the founder and director of Contour Crafting Corporation. In addition to printing classic constructions, such as houses or apartment buildings, he prints other types of constructions. This is, for example, the printing of concrete structures of wind turbines, where one of the biggest advantages is increased safety when working at heights. The most current subject of research is the material they are working on together with NASA. With Contour Crafting technology, they plan to build facilities for astronauts in space. The developed material would use raw materials available directly on the planets. An undeniable advantage is also the fact that the construction process would be fully automated, and thus no personally present workforce would be needed. [8] The principle of Contour Crafting technology is the



Fig. 2: Wall printed by Contour Crafting technology [9]

Tab. 1: Comparison of 3D printing methods [7]			
Methods	Contour Crafting	Concrete Printing	D-Shape
Printing process	Extruding	Extruding	Spreading
Raw materials	Mortar or cementitious materials	Mortar or cementitious materials	Powder materials
Resolution	Smooth surface	4-6 mm	13 mm
Printing speed	Low	High	Medium
Printing dimensions	Large-scale structure	Large-scale structure	Medium-size structure

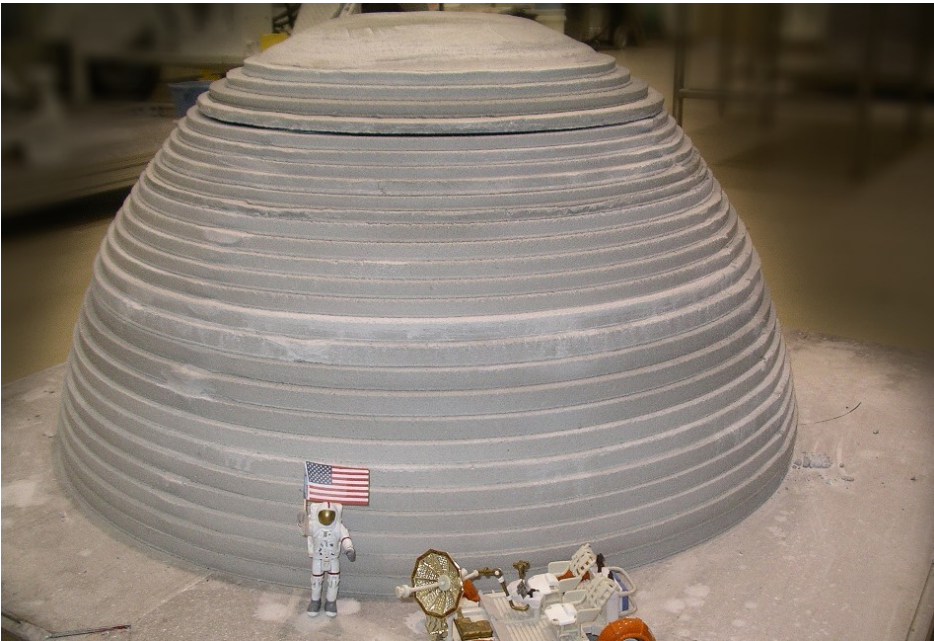


Fig. 3: A prototype designed in collaboration with NASA [9]

extrusion of mortar-based material through a nozzle. The printer first prints the outer edge of the structure and then fills the inner part. As a result, several types of materials can be used for printing (e.g. insulating material for

filling the inside). After the mortar mixture is extruded through the nozzle, the surface is automatically treated by trowels that are installed directly on the printhead, so the surface is smooth. [7]

## Concrete Printing

Concrete Printing is also a method based on the principle of extruding a mixture through a nozzle. It was invented at the University of Loughborough in the United Kingdom. [10] The properties of the mixture are subject to high requirements as in the previous method. Unlike the Contour Crafting, where the perimeter of the structure is printed first, the Concrete Printing method prints the entire layer at once. This makes printing faster. However, the printing speed is at the expense of appearance, because the individual layers do not create as smooth a surface as when printing with the Contour Crafting method and it is necessary to smooth them additionally. [7] [11]

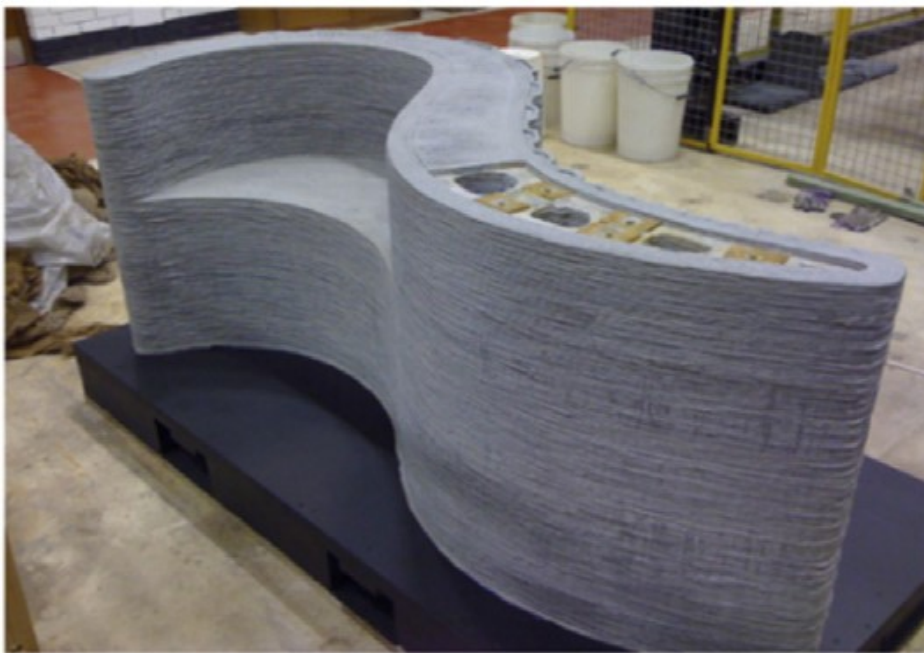


Fig. 4: Construction printed by Concrete Printing technology [7]

## D-Shape

D-shape technology was invented and patented by Enrico Dini in Italy in 2004. Dini is the founder of Dini Engineering. In addition to civil engineering, it currently cooperates with several industries for which they construct construction. They are building anti-ballistic protection systems for the military industry. In 2016, they created a replica of a monument that became the target of a terrorist attack - an arch in the city of Palmyra in Syria. [12] An interesting project is the printing of coral reefs, which completes a suitable environment for fish as shown in Fig.5. Constructions created by D-Shape technology can also be found in the art industry, where they design interesting sculptures of various shapes. This method, unlike the previous two, no longer uses a nozzle to directly extrude the preformed material. The principle consists in alter-

nating layers of granular material with a grain diameter of 0.1 - 4.0 mm (if required, 20 mm can also be used) and a binder. The composition of the binder remains a secret. It is a kind of water-based material that contains various additives and admixtures. It has a viscosity resembling water or suspension. The printer is a portal. It consists of two frames. One of them serves to deposit the granular material, while the other has nozzles installed, by which a binder is applied to the deposited granular material. After contact of the binder with the granular material, a solid mass is formed. The D-Shape method is digitally controlled. Nevertheless, it is necessary for at least one person to supervise the process. This is to control the quality of the production process and the

efficiency of the printer. Upon completion, the product is surrounded by the remaining granular material to which no binder has been applied. This excess material must be removed. The finished product has visible layers, as the surface is not smoothed during its production. [7] [13]

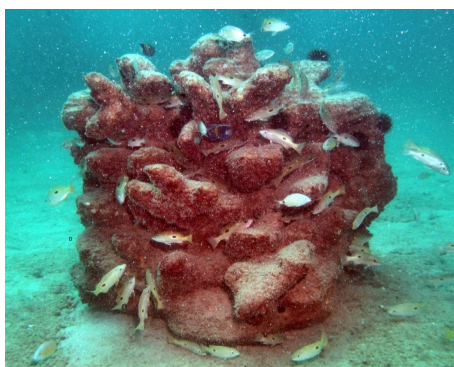


Fig. 5: Coral reef printed by D-Shape technology[13]

## Examples of constructions

The first multi-storey building was the apartment building in Fig. 6. It was printed by WinSun corporation using Contour Crafting technology. [14] The second example is a complex of office buildings in Dubai with a total area of approximately 250 m<sup>2</sup>. It is shown in Fig. 7. The construction cost was about \$ 140,000. With the round shape of the external structure, the architects wanted to point out the freedom in designing. [15] The last example is bridge construction. These structures were printed in 2017. The bridge in Fig. 8 was printed by D-Shape technology. It consists of 8 separate components. [7] The bridge in Fig. 9 was printed using Contour Crafting technology and consists of 6 parts, as the implementation company did not have a printer that would have sufficient printable area. [7]



Fig. 6: Multi-storey building (Contour Crafting) [7]

Obrázok odstránený. Autori nemali k obrázku práva na jeho použitie.

Fig. 7: Complex of office buildings - Dubai [7]



Fig. 8: Bridge – D-Shape technology [16]



Fig. 9: Bridge – Contour Crafting technology [17]

## Conclusion

3D printing is still a relatively young technology in construction. However, as can be seen in the last part of the article, many printed constructions are being printed in the world and 3D printing is enjoying increasing interest. Thanks to undoubted benefits, such as speed of construction, cost-effectiveness and minimal labor requirements, demand for 3D printing is expected to increase, especially in developing countries or countries often affected by natural disasters, where new housing needs to be built quickly. Currently, the main problem is the high price of a 3D printer. However, the value will decrease as the competition increases.

## References:

- [1] LLATAS, C.: A model for quantifying construction waste in projects according to the European waste list, Waste Management, Volume 31, Issue 6, 2011, Pages 1261-1276, ISSN 0956-053X, <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2011.01.023>.
- [2] MECHTCHERINE, V., NERELLA, V.N., KASTEN, K.: Testing pumpability of concrete using Sliding pipe rheometer, Constr. Build. Mater. 53 (2014) 312-323. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2013.11.037>.
- [3] MALAEB, Z., HACHEM, H., TOURBACH, A., MAALOUF, T., EL ZARWI, N., HAMZEH, F.: 3D concrete printing: machine and mix design, Int. J. Civil Eng. Technol. 6 (2015) 14-22.
- [4] NERELLA, V.N., MECHTCHERINE, V.: Studying the printability of fresh concrete for formwork-free concrete onsite 3D printing technology (CONPrint3D), Editor(s): Jay G. Sanjayan, Ali Nazari, Behzad Nematollahi, 3D Concrete Printing Technology, Butterworth-Heinemann, 2019, Pages 333-347, ISBN 9780128154816, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815481-6.00016-6>.
- [5] LE, T.T., AUSTIN, S.A., LIM, S. ET AL.: Mix design and fresh properties for high-performance printing concrete. Mater Struct 45, 1221-1232 (2012). <https://doi.org/10.1617/s11527-012-9828-z>.
- [6] BOS, F., WOLFS, R., AHMED, Z., SALET, T.: Additive manufacturing of concrete in construction: potentials and challenges of 3D concrete printing. In: Virtual and Physical Prototyping. Eindhoven: Technical university, 2016, s. 209-225. ISSN 1745-2759.
- [7] ZHANG, J., WANG, J., DONG S., YU, X., HAN, B.: A review of the current progress and application of 3D printed concrete, Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, Volume 125, 2019, 105533, ISSN 1359-835X.
- [8] WERKHEISER, N., EDMUNSON, J., FISKE, M., et al.: On the development of additive construction technologies for application to development of lunar/martian surface structure using in-situ materials. In: AIAA SPACE 2015 conference and exposition; 2015. p. 4451
- [9] <https://contourcrafting.com>
- [10] BUSWELL, R., SOAR, R., GIBB, A., THORPE, A.: Freeform construction: mega-scale rapid manufacturing for construction. 2007. Autom Constr 16:224-231
- [11] LIM, S., LE, T., WEBSTER, J., et al.: Fabricating construction components using layered manufacturing technology. In: Global innovation in construction conference; 2009. p. 512-20
- [12] <http://www.italiangoodnews.com/palmyras-arch-the-italian-reconstruction-3d-project/>
- [13] <https://d-shape.com/>
- [14] <https://weburbanist.com/2015/01/20/made-in-china-worlds-first-3d-printed-apartment-complex/>
- [15] <https://weburbanist.com/2016/05/26/worlds-first-3d-printed-office-building-unveiled-in-dubai/>
- [16] [https://www.sohu.com/a/121659264\\_181700?sec=w\\_d](https://www.sohu.com/a/121659264_181700?sec=w_d)
- [17] SALET, T., AHMED, Z., BOS, F., LAAGLAND, H.: Design of a 3D printed concrete bridge by testing, Virtual and Physical Prototyping, 2018, 13:3, 222-236, DOI: 10.1080/17452759.2018.1476064

## Autori:

- Ing. Diana Bladová, Slovak University of Technology, Faculty of Civil Engineering in Bratislava
- Prof. Ing. Stanislav Unčák, PhD, Slovak University of Technology, Faculty of Civil Engineering in Bratislava
- Ing. Katarína Hellová, Slovak University of Technology, Faculty of Civil Engineering in Bratislava

## Zaradenie článku:

- Odborný

**ZLATÝ APARTMÁN**  
**VILLA HELENA 21**  
 Hrabovská dolina 8  
 034 01 Ružomberok  
 Tel.: +421 908 701 238  
 e-mail: helena21.hrabovo@gmail.com

**ZĽAVOVÝ KUPÓN -21%**  
 • PRENOSNÝ • DO 2 IZBOVÉHO PODKROV. APT. HELENA 21 •

JAR + JESEŇ: ZĽAVA Z CENNÍKOVEJ CENY -26%, ALEBO 3+1 / 5+2 (dni)  
 LETO + ZIMA: ZĽAVA Z CENNÍKOVEJ CENY -16%, ALEBO 5+1 / 6+2 (dni)

# Porovnanie parametrov obvodových stien zateplených systémom ETICS vzhľadom na teplototechnickú normu

## Comparison of the External Masonry Wall Parameters Insulated by the ETICS System with regard to the Thermal Technical Standard



V článku sú porovnané rôzne kombinácie murovaných obvodových stien a zateplení vzhľadom na požadovaných tepelno-technické charakteristiky. Sledovaný bude hlavne koeficient prestupu tepla -  $U$  pre ultraenergetickú budovu. Na Slovensku je zmena tepelno-technickej normy STN 73 0540-2 [1, 2, 3] v platnosti od roku 2016 a je v súlade s cieľom Európskej smernice, ktorá od roku 2021 počíta s výstavbou budov s takmer nulovou spotrebou energie. Hlavným cieľom je zníženie spotreby energie v budovách minimálne o 20% do roku 2020. Porovnané konštrukcie boli navrhnuté z tehly alebo porobetónových tvárnic a s rôznymi typmi izolačných materiálov. Konštrukcia, ktorá splnila najlepšie požadované tepelné a technické parametre, bola murovaná konštrukcia s dodatočnou izoláciou ETICS. ETICS je izolačný systém, celým názvom z ang. External Thermal Insulation Composite System.

### Kľúčové slová:

Prechod tepla, Typy murív, Tepelno-technické vlastnosti, Obvodová stena

In the following publication, selected structures of external walls will be compared about the criterion of required thermal-technical characteristics. The heat transfer coefficient of the  $U$  structure for an ultra-energy building will be monitored. In Slovakia, the change of the thermal standard STN 73 0540-2 [1, 2, 3]

has been in force since 2016. Which is in line with the aim of the European Directive, which from 2021 provides for the construction of buildings with almost zero energy consumption. The main goal is to reduce energy consumption in buildings min. 20% by 2020. The compared structures were made of brick or aerated and insulated with different materials. The structure that met the best required thermal and technical parameters was a masonry structure with additional ETICS insulation. ETICS is an insulation system, as whole External Thermal Insulation Composite System.

### Key words:

Heat behaviour, Masonry units, Heat transfer, Thermal characteristics, Building envelope

### Introduction

Buildings account for 40% of total energy consumption, and we can save 78% by building passive and ultra-low-energy buildings. In order to achieve zero building parameters, high-quality peripheral structures are essential, the use of solar and indoor heat gains and the coverage of a large part of the need for renewable energy are essential [5,6]. To achieve energy savings for a building, there must exist perfect thermal insulating sheath on it. The selection of construction materials, that will create the border between internal and external environment, is one of the most

important roles [5,6]. Construction market offers the client variety of products and solutions. This situation can be seen positive because it makes large competition environment where the manufacturers are taking advantage in development of new products or innovation of existing ones. However, for a regular customer looking for the best solution, it can be negative due to overload of tailor-made offers and new technologies. In addition to the right choice of materials, energy consumption for heating is also important, which significantly affects the thermal-technical parameters of building structures [5,6,7]. In order to achieve near-zero building parameters, high-quality peripheral structures are essential, and the use of solar and indoor heat gains and covering a large part of the need for renewable energy is essential [5,6].

This article is focused on ETICS systems. ETICS is the abbreviation for External Thermal Insulation Composite System. ETICS can be used to improve the energy efficiency of both new and existing buildings. A comprehensive range is available to meet the various demands of building structure and architecture. ETICS consists of a prefabricated component being applied directly to the façade onsite. Which configuration of system components is required for specific projects depends on system holder's installation manuals and national regulation.

### Methods

The masonry unit construction with additional thermal insulation system ETICS is our evaluated composition. Masonry units are divided into two groups concerning the material base – clay masonry units and autoclaved aerated concrete masonry units. Thickness of material is same for both types of masonry structures 300 mm and the thin-layer mortar or special foam is being used for the masonry work itself. A wall with dimensions 1 x 1 m will be used as reference masonry construction.

The comparison of decisive parameters and their prices are in following tables [15,16,18,19,20]. The green colour defines material with the best price which was later used in final comparison.

From masonry products of various manufacturers, whose characteristics are processed in Tables, were chosen the ones with fulfilled minimal target value RR1 and more reasonable prices.

In the context of construction, the R-value is a measure of how well a barrier, such as a layer

of insulation, a window, a wall or ceiling, resists the conductive flow of heat under steady-state conditions.

Another value in next tables is column with  $\lambda$ -values. This value is known as the heat conductivity of a material. The lambda value is used for thermal calculations on buildings and thermal components. Thus, the lower a material's lambda value, the better its ability to insulate.

## Masonry construction with additional insulation ETICS

### Clay masonry units

In the following overview, masonry units with a thickness of 300 mm are compared. Thermal resistance and lambda materials are also shown. The most preferred material is highlighted in a green colour.

Tab. 1: The comparison of decisive parameters of masonry materials for external ceramics constructions with additional insulation [14,15,17]

Product name	Thickness d [mm]	Thermal resistance of a layer $R_D$ [m <sup>2</sup> . K/W]	Thermal conductivity coefficient $\lambda_{10, dry}$ [W/ m.K]	Price without VAT [€/m <sup>2</sup> ]
HELUZ UNI 30 sanded	300	1.80	0.159	31.47
HELUZ P15 30 sanded	300	1.71	0.165	37.76
HELUZ Family 30 grinded	300	3.78	0.088	43.04
POROTHERM 30 Profi Dryfix	300	1.79	0.150	32.48
TermoBRIK TD 300 PD P15 DRY	300	2.28	0.132	18.4
LeierPLAN 30 N+F	300	1.87	0.132	24.80

### Autoclaved aerated concrete masonry units

Tab. 2: The comparison of decisive parameters of masonry materials for external aerated concrete constructions with additional insulation [18,19]

Product name	Thickness d [mm]	Thermal resistance of a layer $R_D$ [m <sup>2</sup> . K/W]	Thermal conductivity coefficient $\lambda_{10, dry}$ [W/ m.K]	Price without VAT [€/m <sup>2</sup> ]
YTONG Statik Plus	300	1.76	0.100	41.75
YTONG Statik	300	2.14	0.150	39.72
YTOONG Universal	300	2.73	0.150	35.84
YTONG Standard	300	3.00	0.150	34.78
PORFIX P2-400	300	3.98	0.089	31.84
PORFIX P2-600	300	2.00	0.150	32.40

### Polystyrene contact insulation

Tab. 3: The comparison of decisive parameters for load-bearing masonry construction and ETICS insulation with various types of expanded polystyrene EPS [9,11,21]

Product name	Thickness d [mm]	Thermal resistance of a layer $R_D$ [m <sup>2</sup> . K/W]	Thermal conductivity coefficient $\lambda_{10, dry}$ [W/ m.K]	Price without VAT [€/m <sup>2</sup> ]
ISOVER EPS 70 F	100	2.65	0.038	6.00
POLYFORM EPS 70 F	100	2.60	0.038	4.20
SLOVIZOL EPS 70 F	100	2.55	0.039	4.00
STYROTRADE EPS 70F	100	2.60	0.039	4.43
PENOPOL PARABIT EPS 70 F	100	2.56	0.039	5.06

Tab. 4: The comparison of decisive parameters for load-bearing masonry construction and ETICS insulation with various types of graphite polystyrene EPS [9,11,21]

Product name	Thickness d [mm]	Thermal resistance of a layer $R_D$ [m <sup>2</sup> . K/W]	Thermal conductivity coefficient $\lambda_{10, dry}$ [W/ m.K]	Price without VAT [€/m <sup>2</sup> ]
ISOVER EPS GREYWALL	80	2.50	0.031	8.00
POLYFORM EPS 70 NEO	80	2.55	0.031	4.30
SLOVIZOL EPS 70 GRAPHITE	80	2.55	0.031	4.30
STYROTHERM PLUS	80	2.50	0.032	4.41
PENOPOL EPS 70 GREY	80	2.50	0.032	5.03

Tab. 5: The comparison of decisive parameters for load-bearing masonry construction and ETICS insulation with mineral wool [10,11,20,21]

Product name	Material Base	Thickness d [mm]	Thermal resistance of a layer $R_D$ [m <sup>2</sup> · K/W]	Thermal conductivity coefficient $\lambda_{10, dry}$ [W/ m.K]	Price without VAT [€/m <sup>2</sup> ]
ISOVER TF PROFI	Graphite mineral wool	100	2.75	0.036	17.35
ISOVER NF 333	Graphite mineral wool	100	2.40	0.041	15.55
ISOVER TWINNER	ISOVER GREY-WALL + ISOVER TF PROFI	120	3.50	0.034	24.25
ROCKWOOL FRONTROCK MAX E	2-layer board from mineral wool	100	2.75	0.036	18.00

Tab. 6: The comparison of decisive parameters for load-bearing masonry construction and ETICS insulation, new materials for contact insulation [9,10,11,20]

Product name	Material Base	Thickness d [mm]	Thermal resistance of a layer $R_D$ [m <sup>2</sup> · K/W]	Thermal conductivity coefficient $\lambda_{10, dry}$ [W/ m.K]	Price without VAT [€/m <sup>2</sup> ]
ISOVER CLIMA 034	Glass wool	80	2.35	0.034	14.75
KNAUF INSULATION SMART wall S C1	Glass wool sprayed	80	2.35	0.035	18.06

Tab. 7: The comparison of decisive parameters for load-bearing masonry construction and ETICS insulation with PUR-foam, phenol foam [9,10,11,20]

Product name	Material Base	Thickness d [mm]	Thermal resistance of a layer $R_D$ [m <sup>2</sup> · K/W]	Thermal conductivity coefficient $\lambda_{10, dry}$ [W/ m.K]	Price without VAT [€/m <sup>2</sup> ]
Isover purenothem	Pur- polyurethane foam	70	2.55	0.025	44.25
Kingspan kooltherm k5	Hardened phenol foam	50	2.50	0.020	30.43

Tab. 8: Summarises best priced compositions for both types of constructions and their material variations [9,11,21]

Material	Thickness d [mm]	Masonry unit [€/m <sup>2</sup> ]	Plaster, spraying, glue [€/m <sup>2</sup> ]	Insulation [€/m <sup>2</sup> ]	Final layer of ETICS [€/m <sup>2</sup> ]	Final price [€/m <sup>2</sup> ]
EPS 70 F SLOVIZOL	100	T 18.04	1.35	4.00	13.14	36.53
		P 31.84				50.33
Graphit EPS SLOVIZOL	80	T 18.04	1.35	4.30	12.74	36.43
		P 31.84				50.23
Glass wool ISOVER	80	T 18.04	1.35	14.75	13.91	48.05
		P 31.84				61.85
Mineral wool ISOVER	100	T 18.04	1.35	15.55	14.31	49.25
		P 31.84				63.05

#### Contact mineral wool insulation

#### Final construction and their evaluation

The last table compares four the most advantageous contact thermal insulation in terms of price. The supporting element will be TermoBRIK TD 300 PD P15 DRYsystem in the table marked "T" and the second element will be PORFIX P2-400 marked "P".

#### Comparison of final results

The cheapest construction type is masonry construction of 300 mm thickness with additional insulation ETICS. Price range for refe-

rence masonry construction varies from 36.43 to 49.25 €/m<sup>2</sup>, for autoclaved aerated concrete masonry units from 50.23 to 63.05 €/m<sup>2</sup>. [14,15,18,19].

Price range of insulation materials is following: graphite polystyrene EPS SLOVIZOL th. 80 mm, expanded polystyrene SLOVIZOL th. 100 mm, glass wool ISOVER th. 80 mm and mineral wool ISOVER th. 100 mm. Between white and graphite polystyrene EPS is only a couple of cents difference, and that is negligible difference concerning the quickly changing prices in the building industry. White polystyrene price of 100mm thickness varies from 4 €/m<sup>2</sup> to 6 €/m<sup>2</sup>, graphite polystyrene

price range is from 4.30 €/m<sup>2</sup> to 8 €/m<sup>2</sup> [10,20,21]. Graphite polystyrene has 20% better thermo-insulating characteristics than white polystyrene which enables smaller thickness. When comparing white and graphite polystyrene of the same thickness then the graphite polystyrene is more expensive [11,20,21].

However better characteristics of graphite polystyrene with smaller thickness make the price comparable to white polystyrene with greater thickness. This fact will also play role in tightening of requirements since 2020. Today, the difference in thickness for masonry constructions with additional insulation is only 2 cm.

The most expensive item is masonry material and the cheapest is the insulation. The clients without education in the building industry often neglect this fact and try to save on the insulation thickness up to the limit values or buy cheap insulation abroad from non-verified manufacturers. For regular clients, it is imperative to realize the fact that insulation material itself does not make the thermo-insulation, but all its components do as well. Separately selected materials have to cooperate mutually to fulfil the expected function. In this case, the manufacturers help significantly because they mostly offer unified ETICS insulation systems with guaranteed quality and characteristics.

Mineral wool use is more expensive alternative of ETICS. Price for the 1 m<sup>2</sup> ranks from 14.75 € to 18.06 € for glass wool, and from 15.55 € to 24.25 € for mineral wool. Insulation price is comparable with other ETICS components in this case [9,10,20]. Trying to save on insulation material is therefore backed up. In design, it is suitable to calculate the proper thickness of insulation to achieve thermo-

technical requirements. For fire safety, the mineral wool insulation is mandatory for buildings exceeding the height of 22.5 m [3].

## Conclusion

Use of other natural materials for ETICS with masonry construction is financially inefficient. Use of foam insulation of very small thickness is also an inefficient solution, especially if the foam insulation price is really high. Foam insulation usage is expected to rise after the last wave of tightening the construction requirements [3,6].

In favour of masonry alternative with additional ETICS insulation speaks the facts the wholesome external sheath helps to eliminate thermal bridges resulting from improper quality of construction works or imperfect design of structural details.

## References:

- [1] STN 73 0540-2 Thermal protection of buildings. Thermal performance of buildings and components. Part.2: Functional requirements
- [2] STN 73 0540-3 Thermal protection of buildings. Thermal performance of buildings and components. Part.3: Properties of environments and building products .
- [3] STN 73 0540-1 Thermal performance of buildings and components. Thermal protection of buildings. Part.1: Terminology .
- [4] R. Mendan: New thermo-technical requirements on the construction of buildings validity from 1.1.2016, Eurostav 02/2016 .
- [5] Z. Šternová: Thermal performance of buildings and components, Lecture - Energy efficiency of buildings, TSÚS (2012).
- [6] Rouseková: Building materials. Bratislava, Jaga Group (2009)
- [7] Information on <http://www.asb.sk> [online 29.5.2020]

- [8] Information on <http://www.isover.sk> [online 29.5.2020]
- [9] Information on <http://www.knaufinsulation.sk> [online 29.5.2020]
- [10] Information on [http://www.isover.sk/tepelne\\_izolacie](http://www.isover.sk/tepelne_izolacie) [online 29.5.2020]
- [11] Information on <http://www.heluz.sk> [online 29.5.2020]
- [12] Information on [http://www.baumit.sk/upload/download/Baumit\\_Cennik\\_2018](http://www.baumit.sk/upload/download/Baumit_Cennik_2018) [online 29.5.2020]
- [13] Information on <http://www.heluz.sk/files/Cennik-pre-SR-platny-od-1.4.2018> [online 29.5.2020]
- [14] Information on [http://www.wienerberger.sk/downloads/cennik\\_porootherm-2018](http://www.wienerberger.sk/downloads/cennik_porootherm-2018) [online 29.5.2020]
- [15] Information on <http://www.pezinske-tehelne.sk/cennik-2018> [online 29.5.2020]
- [16] Information on <http://www.leier.sk> [online 29.5.2020]
- [17] Information on <http://www.ytong.sk/sk/docs/ytong-cennik-2018> [online 29.5.2020]
- [18] Information on [http://www.porfix.sk/cennik\\_porfix\\_sk\\_2018](http://www.porfix.sk/cennik_porfix_sk_2018) [online 29.5.2020]
- [19] Information on <http://www.knaufinsulation.sk/cennik> [online 29.5.2020]
- [20] Information on <http://www.slovizol.sk/cennik2018> [online 29.5.2020] .

## Autori:

- Ing. Katarína Hellowá, Slovak University of Technology , Bratislava
- Ing. Diana Bladová, Slovak University of Technology, Bratislava
- Ing. Marián Bederka, PhD., Slovak University of Technology, Bratislava

## Zaradenie článku:

- Odborný

**Aktuálna akcia:**  
 ... - 20 %  
 ... Balíčky/paušály pre firmy  
 so zľavami od 6 do 24 %



# Tlmočenie Prekladateľstvo

... pre právnické i fyzické osoby  
 ... obchodné jednanie  
 ... podujatia  
 ... (firemné) dokumenty



# Veľkoformátová výstavba urýchlila realizáciu bytového projektu SEKO komplex v Trenčíne

## Large-format Construction Accelerated the Implementation of the SEKO Complex Housing Project in Trenčín

Veľkoformátové prvky pre vonkajšie obvodové steny Ytong Jumbo a veľkoformátové tvárnice Silka Tempo usporia pri výstavbe čas, nižšie sú aj náklady na stavbu a na pracovné sily. Potvrdzujú to aj skúsenosti z výstavby projektu SEKO Komplex v Trenčíne, ktorý sa začal stavať v polovici minulého roka a ktorý po dokončení ponúkne 24 moderných dvoj- až šesťizbových bytov.

### Kľúčové slová:

Veľkoformátové produkty, Inovace ve stavebnictví, Minijeřáb, Prefabrikace, Úspora CO<sub>2</sub>

Large-format elements for Ytong Jumbo exterior perimeter walls and large-format Silka Tempo blocks save time during construction, as well as lower construction and labor costs. This is also confirmed by the experience from the construction of the SEKO Complex project in Trenčín, which began construction in the middle of last year and which, when completed, will offer 24 modern two- to six-room apartments.

### Key words:

Large format products, Innovations in construction, Mini crane, Prefabrication, CO<sub>2</sub> savings

### SEKO komplex v Trenčíne

Investorom bytového komplexu je spoločnosť SEKO Komplex s.r.o. z Trenčína, projekt spracovala projektovo-inžinierska organizácia PIO KERAMOPROJEKT, a.s. Trenčín. Stavebné práce vykonala stavebná spoločnosť Tespra Trenčín s.r.o.

„Pre veľkoformátové tvárnice Silka Tempo sme sa rozhodli, pretože nám to navrhol projektant, ktorý argumentoval rýchlejšou výstavbou bytového komplexu.“ povedal František Bouchner, majiteľ stavebnej spoločnosti Tespra Trenčín s.r.o. a dodal: „Jeho slová sa potvrdili, stavba prebiehala rýchlejšie. Navyše sme pôvodne počítali s tromi partiami murárov, nakoniec tu pracovala jedna jediná. S žeriavom sa naučili pracovať veľmi rýchlo, jeho obsluha bola skutočne jednoduchá.“



Ing. Michal Lešínský, autor projektu zo spoločnosti PIO KERAMOPROJEKT jeho slová doplnil:

V projekte sme použili niekoľko inovatívnych technológií - majitelia bytov určite ocenia napríklad stropné sálavé chladenie a podlahové sálavé vykurovanie. Na nosné steny sú použité veľkoformátové vápennopieskové tvárnice Silka Tempo, ktoré sme navrhli pre ich vysokú nosnosť a výborné akustické vlastnosti. Obvodové steny sú vymurované z veľkoformátových prvkov Ytong Jumbo, u ktorých sme kladne hodnotili ich výborné tepelno-technické vlastnosti.



Obr. 2: Stavebná mechanizácia – minižeriav

Pre projekt sme spracovali multidisciplinárny 3D model v technológii BIM. Pre veľkoformátové prvky a tvárnice sme sa rozhodli aj preto, že nám šetria čas pri projektovaní. Tvárnice Silka majú porovnateľnú nosnosť ako železobetónové konštrukcie, ale na rozdiel od nich nie je u tvárnic nutné kresliť výstuže stien. Prednosťou je aj ohľaduplnosť k životnému prostrediu - vďaka tomu, že sme sa rozhodli pre tento materiál, tak sme v porovnaní s

monolitickou železobetónovou konštrukciou ušetrili viac ako 70 ton CO<sub>2</sub>."

### Vápennopieskové tvárnice Silka Tempo skráti čas murovania o šesťdesiat percent

Tieto tvárnice je možné použiť pre nosné aj nenosné obvodové vnútorné steny a akustické deliace steny. Okrem skrátenia času murovania znižujú aj fyzickú náročnosť pre pracovníkov. Murovanie prebieha pomocou minižeriavu, takže sa dajú ľahko kombinovať s tvárnicami Ytong Jumbo. Vďaka svojej presnosti zvyšujú kvalitu steny.

### Veľkoformát pre vonkajšie obvodové steny Ytong Jumbo vymuruje v jednom kroku osemkrát väčšiu plochu

Prvky Ytong Jumbo navyše znižujú nároky na personál - pri práci s nimi stačia dvaja murári, a aj pre nich je vďaka tejto technológii práca fyzicky menej namáhavá. Prvky Ytong Jumbo sa používajú pre nosné aj nenosné obvodové a vnútorné steny, stužujúce, výplňové a požiarne steny nízkopodlažných aj viacpodlažných budov. Tvárnice sa murujú strojovo pomocou minižeriavov s montážnymi samosvornými kliešťami.

Zuzana Michalková, odborný poradca zo spoločnosti Xella Slovensko, spol. s r.o. o zdôraznila tiež služby, ktoré Xella Slovensko



# Vnúťorné ošetrovanie – Čo hovorí DTA, TG a DSC?

## Internal Curing – What do DTA, TG and DSC Say?

V ostatnom čase sa skúšky pôsobenia vnúťorného ošetrovania (IC) zamerali na betóny s vodným súčiniteľom 0,42. Tento vodný súčiniteľ matematicky umožňuje dosiahnuť maximálny stupeň hydratácie  $\alpha_{\max}$  cementu rovný jednej. Z pohľadu menej frekventovaných aplikácií betónov s nižším vodným súčiniteľom je potrebné overiť pôsobenie IC aj v takýchto kompozitoch. Betóny s nižším vodným súčiniteľom využívajú pôsobenie IC aj pri zabezpečovaní hydratácie. Existuje viacero dôkazov o pozitívnom vplyve IC na vlastnosti betónu alebo na technológiu zhotovovania betónových konštrukcií. V tomto článku prezentujeme výsledky DTA, TG a DSC analýzy vzoriek betónu (malty) s nízkym vodným súčiniteľom, a to s a bez IC, pričom strata vody do okolitého prostredia sa eliminovala.

### Kľúčové slová:

Betón, Vnúťorné ošetrovanie, Štruktúra, Cementový tmel, Hydratácia, DTA

Recently the tests on action of internal curing (IC) were focused on concretes with water-cement ratio 0,42. This water-cement ratio enables (on the mathematical level) reach the maximum degree of hydration of the cement  $\alpha_{\max}$  equal to one. From the point of view of less frequent applications of concretes with lower water-cement ratio, it is essential to verify an action of the IC even in these composites. Concretes with lower water-cement ratio use the IC action also for run of hydration. There exist number of proofs of positive effect of the IC on concrete performances or technology of execution of the concrete structures. In this paper, we present the results of DTA, TG and DSC analysis of samples of concrete (mortar) of low water-cement ratio either with and without IC, whereby loss of water to the ambient environment was eliminated.

### Key words:

Concrete, Internal Curing, Structure, Cement paste, Hydration, DTA

### Úvod

Metóda DTA, TG a DSC analýzy sa zvolila pre posúdenie hydratácie dvoch utesnených systémov (mált) s veľmi nízkym vodným súčiniteľom – bez a s vnúťorným ošetrovaním.



Obr. 1: Ilustračný obrázok - Prístroj DTA

Vodný súčiniteľ 0,30 by mal umožniť dosiahnutie  $\alpha_{\max} = 0,83$ . Vnúťorné ošetrovanie použitím 7,0 % dávky ľahkého kameniva (LWA) malo podľa očakávaní zabezpečiť vyšší stupeň hydratácie, vyššie množstvo hydratačných produktov a v nich viazanej vody. DTA, TG a DSC analýza sa vykonala v rámci riešenia experimentálnej časti dizertačnej práce pre overenie účinnosti IC použitím dávky 7,0 % LWA ešte pred pristúpením ku skúškam straty vlhkosti z betónu expozíciou simulovaným podmienkam prostredia (predchádzajúce pokračovanie tohto cyklu).

hmotnosťou a ostatnými vlastnosťami podľa tab. 1. Ako ľahké kamenivo sa s ohľadom na predchádzajúce skúšky a publikované závery použilo LWA s obchodným názvom Liapor, a to vo frakciách 0/4 (M) a 0/1 (D). Všetky podstatné vlastnosti LWA sú uvedené v tab. 1. Ako plastifikačná prísada (WRA) sa použil superplastifikátor Berament HT2 s účinnou látkou na báze polykarboxylátu.

Tab. 1: Vlastnosti použitého hutného a ľahkého kameniva

Kamenivo	Hutné kamenivo	Ľahké kamenivo	
Vlastnosť	0/4	0/4 (M)	0/1 (D)
Merná hmotnosť (kg/m <sup>3</sup> ):	2510,00	1070,00	1700,00
Sypná hmotnosť (kg/m <sup>3</sup> ):	1630,00	410,00	610,00
Nasiakavosť (%):	1,80	7,73	4,80
Medzerovitosť (%):	35,06	61,68	64,12
Tvarový index (%):			

### Použité materiály

Pre skúšky sa použil portlandský cement CEM I 42,5 N s mernou hmotnosťou 3077 kg/m<sup>3</sup>. Chemické zmrašťovanie použitého cementu bolo 7% a jemnosť stanovená podľa Blaina 344,77 m<sup>2</sup>/kg. Začiatok tuhnutia sa podľa STN EN 1015-9 stanovil na 185,3 min, pričom koniec tuhnutia sa zistil v 254,6 min.

Ako hutné kamenivo sa použilo prírodné ťažené kamenivo frakcií 0/4; 4/8 a 8/16 s mernou

### Receptúry

Pre overenie vplyvu IC na stupeň hydratácie utesneného systému sa zvolila receptúra s konštantným vodným súčiniteľom  $w/c=0,30$  pre referenčnú vzorku aj vzorku s IC. Vodný súčiniteľ, pri utesnenom systéme, zabezpečuje dosiahnutie teoretického stupňa hydratácie  $\alpha_{\max}=0,83$ . Receptúra sa modifikovala iba v dôsledku náhrady 7,0 % hutného kameniva pomocou LWA. Vyrobila sa referenčná zámes a zámes s IC (podrobnejšie v tab. 2).

Tab. 2: Použité receptúry			
Vodný súčiniteľ (w/c)	Zložka	Použitá receptúra (kg/m <sup>3</sup> )	
		Referenčný	7,0 % LWA
0,30	Cement	492,782	422,404
	Voda	184,191	153,454
	Kamenivo 0/4	1705,792	1562,750
	WRA	1,891	1,625
	LWA 0/4 (M)	0,000	83,464
	LWA 0/ (D)	0,000	44,202

### Výroba a kondicionovanie vzoriek

Pred samotnou výrobou vzoriek sa vykonali pomocné a prípravné procesy. Jedným z nich bola príprava hutného kameniva sušením po dobu 24±2 hod. pri teplote 110±5 °C (podľa STN EN 1097-6). Vysušené hutné kamenivo sauložilo v plastových uzatvárateľných nádobách tak, aby nedošlo k absorpcii vzdušnej vlhkosti. V prípade výroby vzoriek s IC sa 24±2 hod. pred miešaním do uzatvárateľnej plastovej nádoby pripravila dávka LWA (v danom pomere miešania frakcií) spolu s celkovou dávkou zámesovej a ošetrovacej vody.

Miešanie sa vykonávalo v počítačom riadenej tzv. maltárskej miešačke (STN EN 196-1). Pred miešaním sa vždy dodržal rovnaký postup dávkovania. Ako prvé sa nadávkovalo hutné kamenivo. Následne sa pridalo cement a ručne sa premiešali. Ako posledná zložka sa pridalo nasiaknuté ľahké kamenivo (SLWA) aj s dekantovanou zámesovou vodou, do ktorej bola tesne pred miešaním pridaná WRA. Zmes sa opätovne mierne ručne premiešala. Samotné strojné miešanie sa vykonalo vždy rovnakým spôsobom - 60 s miešania pri nízkych otáčkach.

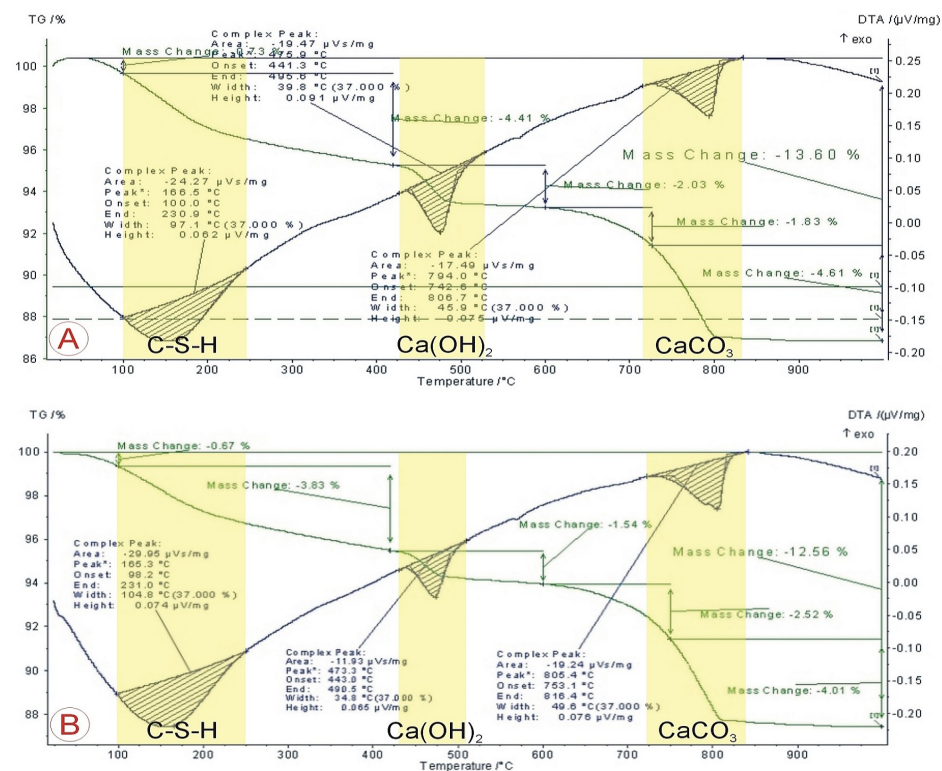
Čerstvá zmes sa naplnila do PVC nádob s objemom 2 dl a zhutnila 25 opakovaniami poklepu z výšky približne 1 cm o podložku. Okamžite po zhutnení sa zakryla (utesnila) pomocou PE fólie a umiestnila sa na dobu 28 dní do prostredia s teplotou 20±2 °C a relatívnou vlhkosťou 98 %. Po kondicionovaní sa vzorky sušili 48±2 hodín pri teplote 60 °C. Následne sa individuálne rozdrvili, odseparovali sa z nich zrná kameniva a zvyšok sa pomlel a preosial cez sito 0,063 mm. Z takéhoto materiálu predstavujúceho cementový tmel sa navážili vzorky hmotnosti 1,0 g.

### Diferenčná termická analýza, termická gravimetria a diferenčná skenovacia kalorimetria

Metódami DTA, TG a DSC sa stanovil úbytok hmotnosti vzorky pri určitej teplote prostredia resp. pri dodaní určitého množstva energie. Vzorky sa plynulo zohrievali na teplotu +1000

°C. S rastúcou teplotou sa priebežne zaznamenávala ich hmotnosť resp. zmena (úbytok) hmotnosti predstavujúca relatívne množstvo látky uvoľnenej (pri danej teplote) z pevnej štruktúry (chemických väzieb). Sily chemických väzieb predurčujú energiu potrebnú na uvoľnenie danej látky, ktorá sa dodáva vo forme tepla. Následne z priebehu DTA, TG a DSC kriviek sa identifikuje materiál (látko, prvok, minerál) prítomný vo vzorke a ak je to účelné môže sa kvantifikovať jeho pomerné zastúpenie.

Obr. 2: DTA, TG a DSC analýza referenčnej vzorky (časť A) a vzorky s IC (časť B)



### Interpretácia výsledkov

Dve vzorky sú porovnateľné vodným súčiniteľom (w/c=0,30). Referenčná vzorka (bez LWA) dosahuje objemovú hmotnosť cca 2250 kg/m<sup>3</sup>. Vzorka s dávkou 7,0 % LWA dosahuje objemovú hmotnosť cca 2200 kg/m<sup>3</sup>. Rozdiel v objemovej hmotnosti sa prisudzuje preukázateľne nižšiemu pomernému množstvu cementového tmelu vo vzorke s LWA (tým aj nižšie množstvo cementu o 70,38 kg/m<sup>3</sup> – približne o 15 % menej). Pokiaľ objemový

podiel spojiva (cementového tmelu) v referenčnej vzorke činí 35,06 %, vo vzorke s LWA je to len 30,13 % - čiže pokles o 4,93 %. Aj napriek výrazne nižšiemu množstvu cementu vo vzorke s IC sa TG analýzou (obr. 2 a tab. 3) preukázalo, že obsah hydratačných produktov Ca(OH)<sub>2</sub> a CaCO<sub>3</sub> v oboch vzorkách je približne rovnaký. Toto tvrdenie je založené na porovnaní DTA endotermických výchyliek v časti A a B obrázku 2, prislúchajúcich obsahu vody viazanej v gélových hydratačných produktoch (maximum pri 165,5 °C, resp. 165,3 °C), dehydroxylácii Ca(OH)<sub>2</sub> (maximum 475,9 °C, resp. 473,3 °C) a disociácii CaCO<sub>3</sub> (maximum 794,0 °C, resp. 805,4 °C), čím sa zistí že sú približne rovnaké. Približne rovnaké množstvo hydratačných produktov sa preukázalo aj porovnaním TG kriviek (v časti A a B obr. 2) znázorňujúcich celkovú stratu žíhaním.

Znížený obsah cementu vo vzorke s IC (7,0 %) pri rovnakom vodnom súčiniteli vzoriek spôsobuje nepatrné zníženie obsahu gélových hydratačných produktov a Ca(OH)<sub>2</sub> v porovnaní s referenčnou vzorkou. Táto skutočnosť by

sa nemala významným spôsobom prejavíť na mechanických vlastnostiach (napr. znížením pevnosti) i pri zohľadnení nižšej pevnosti LWA v porovnaní s hutným kamenivom. Tvrdenie sa je podložené výsledkami pevnosti v tlaku zistenými na doskových telesách [6].

Z DSC vyhodnotenia (obr. 2) vyplýva, že vzorka s dávkou 7,0 % LWA sa vyznačuje o cca 23 % vyšším množstvom energie (29,95 J/mg) potrebnej na uvoľnenie vody viazanej v gélových hydratačných produktoch a naopak o 63 % menšou potrebou energie (11,93 J/mg) na dehydroxyláciu  $\text{Ca(OH)}_2$  v porovnaní s relevantnými hodnotami u referenčnej vzorky. Táto skutočnosť indikuje vznik a tvorbu gélových hydratačných produktov s lepším zabudovaním viazanej vody do štruktúr CSH a CAH gélu vo vzorke s vnútorným ošetrovaním ako v referenčnej vzorke. Naopak, hydroxylová voda vo vzorke s IC preukazuje nižšiu viaza-

hydratačné produkty). Uvažovanou príčinou tohto javu môže byť kontinuálny prístup zabudovanej vody v dostatočnom množstve k hydratujúcim zrnám cementu, ktoré za týchto podmienok primárne zhydratujú na lepšie štrukturovanú a pevnejšiu gélovú hydratovanú fázu. V tomto hydratačnom procese zostáva k dispozícii menšie množstvo vody pre tvorbu  $\text{Ca(OH)}_2$ , ktorý je menej štrukturovane vyzretý a menej pevný, pričom ako dôsledok tejto skutočnosti ľahšie karbonatuje v porovnaní s  $\text{Ca(OH)}_2$  vytvoreným v referenčnej vzorke.

stup zabudovanej ošetrovacej vody v LWA k hydratujúcim zrnám cementu, ktoré za týchto podmienok primárne zhydratujú na lepšie štrukturovanú a pevnejšiu gélovú hydratovanú fázu.

## Podakovanie

Tento článok vznikol ako súčasť riešenia projektu VEGA č. 1/0511/19.

## Literatúra:

- [1] ACI 308R-01: Guide to Curing Concrete, American Concrete Institute, Farmington Hills, 2003. p:31.
- [2] Bentz, D., Weiss, J.: Internal Curing: A 2010 State-of-the-Art Review, U.S. Department of Commerce, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, 2011, p. 94.
- [3] Briatka, P., Makýš, P.: Elimination of Plastic Shrinkage Cracking in Concrete, In: proceedings of Junior Scientist Conference held in Vienna, April, 2010.
- [4] Briatka, P., Makýš, P.: Ošetrovanie čerstvého betónu - 3. Nasiaknuté ľahké kamenivo, Beton TKS, X.r./3, Beton TKS, Praha, 2010, pp: 42-47
- [5] Briatka, P., Makýš, P.: Desorption and Use of Saturated Lightweight Aggregate in Internal Curing, Publikované v: Slovak Journal of Civil Engineering, XIX.r./3, Slovak University of Technology, Bratislava, 2011, pp: 31-38
- [6] Briatka, P., Makýš, P.: Letné betonáže – z laboratória do praxe, Publikované v: Zborník príspevkov z konferencie BETÓN 2011, Slovenská asociácia výrobcov transportbetónu, Štrbské pleso, Október 2011, pp: 161-167
- [7] Bhadeshia, H.: Thermal Analysis Techniques, Materials Science & Metallurgy, University of Cambridge, p: 4
- [8] Behl, W., Gaur, H.: Differential Thermal Analysis of Magnesium Chloride Hydrates, University of Delhi, Delhi, 1960, pp: 33-37.

## Autori:

- Dr. Peter Briatka, MBA., COLAS Slovakia, a.s., Košice
- Ing. Ivan Janotka, DrSC, TSÚS, n.o., Bratislava
- Ing. Jana Briatková Olšová, Bria Invenia, s.r.o., Bratislava
- Ing. Ivan Vavrik, Stavebná fakulta STU, Bratislava

## Zaradenie článku:

- Vedecký

Tab. 3: Porovnanie výsledkov TG analýzy oboch vzoriek

Parameter	Vzorka	
	REF (0,0 %)	LWA 7,0 %
Obsah vlhkosti do 100°C (%)	0,73	0,67
Obsah vody viazanej v hydratačných produktoch (%)	4,41	3,83
Obsah voľného $\text{Ca(OH)}_2$ (%)	8,35	6,33
	TG: 2,03	TG: 1,54
Obsah $\text{CaCO}_3$ (%)	14,64	14,85
	TG: 6,64	TG: 6,53
Celková strata žiháním (%)	13,61	12,57
	TG: 13,61	TG: 12,57

nosť ako v referenčnej vzorke, čo vedie k nasledovnému predpokladu. Mikroštruktúra hydratovanej gélovej fázy vo vzorke s IC sa javí byť homogénnejšia a pevnejšia s lepším zabudovaním do nej viazanej vody v porovnaní s referenčnou vzorkou. Naopak, referenčná vzorka preferuje tvorbu lepšie štrukturovaného a pevnejšieho  $\text{Ca(OH)}_2$ , ktorý následne podlieha nižšej karbonatácii ako menej štrukturovane vyzretý, a tým aj menej pevný  $\text{Ca(OH)}_2$  vytvorený vo vzorke s IC. Možno reálne predpokladať, že zabudovanie ošetrovacej vody v LWA (približne na úrovni 7,0 % z hmotnosti LWA) prispelo v procese hydratácie ku vzniku a tvorbe kvalitatívne lepšej mikroštruktúry gélovej hydratovanej fázy (CSH a CAH

## Záver

Aj napriek výrazne nižšiemu množstvu cementu vo vzorke s IC (dôsledok granulometrie kameniva) sa TG analýzou (obr. 2 a tab. 3) preukázalo, že obsah hydratačných produktov  $\text{Ca(OH)}_2$  a  $\text{CaCO}_3$  v oboch vzorkách je približne rovnaký. Vzorka s IC dosiahla rovnaké množstvo hydratačných produktov ako referenčná vzorka, čo pri zníženom obsahu cementu nepriamo dokazuje vyšší stupeň hydratácie. Vzorka s IC obsahuje lepšie zabudovanú vodu v gélových hydratačných produktoch (CSH a CAH gély). Príčinou môže byť kontinuálny prí-



# Je pórovité kamenivo účinné pre vnútorné ošetrovanie betónu?

## Is a Porous Aggregate Effective for Internal Curing of Concrete?



Približne pred 30 rokmi bol v USA predstavený úplne nový koncept ošetrovania betónu založený na dodávaní „ošetrovacej“ vody z vnútra betónu. Ošetrovacia voda sa pridáva do betónu počas miešania, ale je viazaná v určitom nosiči čím nemení vodný súčiniteľ. Táto metóda, nazýva vnútorné ošetrovanie (IC), udržiava cementový tmel vlhký od počiatočného veku kedy by, za normálnych podmienok, začal vysychať a nebol by dostatočne zrelý na použitie konvenčných metód ošetrovania. Doba trvania a účinnosť IC závisia od okrajových podmienkach na stavenisku rovnako ako od vlastností nosiča – v tomto prípade pórovitého – ľahkého kameniva (LWA), ktoré po nasiaknutí vodou nahradza určitú časť hutného kameniva (NWA). Táto práca sa zaoberá s LWA (dostupným na Európskom trhu) v zmysle jeho vlastností ovplyvňujúcich účinnosť IC.

### Kľúčové slová:

Pórovité kamenivo, Vlhkosť, Vyparovanie, Desorpcia, Póry, Betón, Ošetrovanie

Roughly 30 years ago there was a brand new concept of concrete curing based on providing "extra curing" water from inside of concrete presented in the U.S. The extra water is to be added to concrete within mixing, but is bound in some kind of carrier so do not alter water-cement ratio. This technique called Internal Curing (IC) keeps the cement paste moist from the first moment when normally would start to desiccate and would not

be mature enough to apply conventional means of curing. Lasting and effectiveness of IC depends on boundary conditions at site as well as properties of the carrier – in this case porous – Lightweight-Aggregate (LWA) which after water soaking replaces some part of Normalweight Aggregate (NWA). This work deals with LWA (available on European market) in sense of its properties affecting efficiency of IC.

### Key words:

Porous Aggregate, Moisture, Evaporation, Desorption, Pores, Concrete, Curing

### Teória

Vnútorné ošetrovanie (IC) je taký spôsob ošetrovania, ktorý poskytuje ošetrovaciu vodu z drobných „rezervoárov“ vo vnútri betónu a tým udržiava cementový tmel vlhký a zaisťuje tak dosiahnutie najvyššieho možného stupňa hydratácie  $\alpha$  [3, 8]. To znamená, že ošetrovacia voda sa pridáva počas miešania betónu. Aby sa predišlo zvýšeniu vodného súčiniteľa ( $w/c$ ), ošetrovacia voda nesmie byť voľná – musí byť viazaná v nejakom nosiči [5]. Existuje viacero druhov takýchto nosičov (medií). Základným predpokladom je, aby mal nosič vhodnú pórovitosť, nasiakavosť a čiaru zrnitosti dôležitú pre vhodnú distribúciu zrníčok v čerstvej zmesi. V zásade, nosič musí byť schopný vodu nasiaknuť a neskôr (v betóne) keď cementový tmel začína vysychať vďaka vnútornej spotrebe vody alebo strate vody do okolia musí vodu postupne uvoľňovať. S klesa-

júcou relatívnou vlhkosťou (RH) pôvodne úplne saturovaného cementového tmelu spôsobenou autogénnou spotrebou na hydratáciu ako aj expozíciou podmienkam prostredia (RH; T, rýchlosť vetra  $v_w$ ) [6] sa póry nosiča začínajú vyprázdňovať aby zabránili tvorbe dutín v cementovom tmele. Takýmto spôsobom sa generujú a narastajú kapilárne napätia  $P_{CAP}$  (Pa), vo všeobecnosti podľa vzťahu 1 (obr. 1) odvodeného z rovnice baróna Kelvina a rovnice podľa Young-Laplace [7,12]. Vo vzťahu 1 vystupuje  $R$  – univerzálna plynová konštanta (8,314 J/mol.K),  $T$  (K) – teplota,  $RH$  (%) – relatívna vlhkosť a  $V_m$  ( $\approx 18 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{mol}$ ) je mólový objem pórového roztoku.

$$P_{CAP} = \frac{R \cdot T \cdot \ln\left(\frac{RH}{100}\right)}{V_m} \quad (\text{Pa}) \quad (1)$$

Potom hnacia sila IC môže byť vysvetlená na základe kapilárneho ťahového napätia popísaného rovnicou podľa Young-Laplace (vzťah 2), kde  $\gamma$  (pri 296,5 K = 0,07243 N/m) je povrchové napätie pórového roztoku a  $\theta$  (uvažuje sa 0 rad) je stykový uhol medzi kvapalinou a pevnou látkou. Vzťah 2 hovorí, že s rastúcim kapilárnym napätím  $P_{CAP}$  (klesajúca RH) sa znižuje polomer vyprázdňovaných pórov  $r_{CAP}$  (m). Inými slovami, väčšie póry sa vyprázdňujú skôr. Nasledované sú menšími – v závislosti od veľkosti pórov (obr. 2) [10]. Ak si uvedomíme, že póry v nosiči sú väčšie ako póry cementového tmelu, potom dospejeme k záveru, že cementový tmel zostáva saturovaný a ošetrovanie funguje.

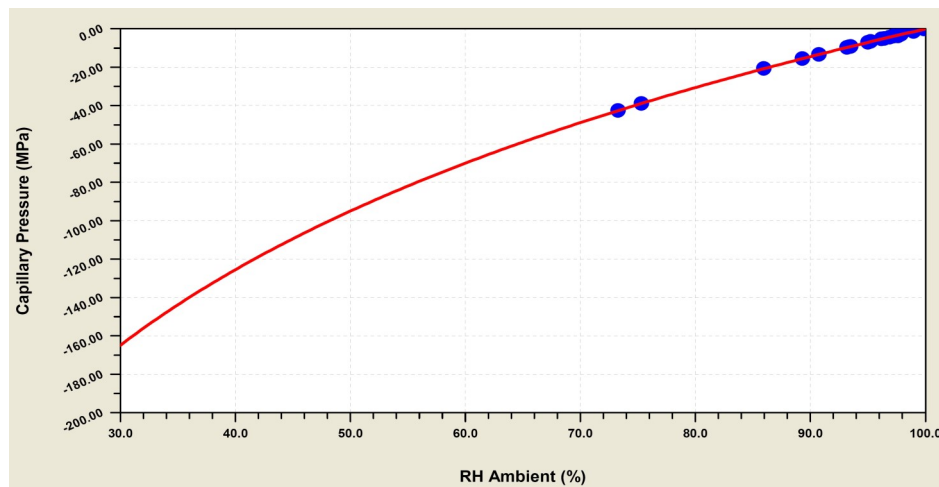
$$r_{CAP} = - \frac{2 \cdot \gamma \cdot \cos(\theta)}{P_{CAP}} \quad (\text{m}) \quad (2)$$

Jeden z možných nosičov sa vyrába z expandovanej bridlice. Vyznačuje sa nízkou objemovou hmotnosťou, vysokou pórovitosťou a pevnou kostrou. Vo všeobecnosti sa označuje ako ľahké kamenivo (LWA). Viacero autorov (napr. [2]) zaoberajúcich sa vnútorným ošetrovaním použitím saturovaného LWA (SLWA) vychádza z jedného grafu (obr. 3) zobrazujúceho desorpčnú krivku SLWA používaného v USA.

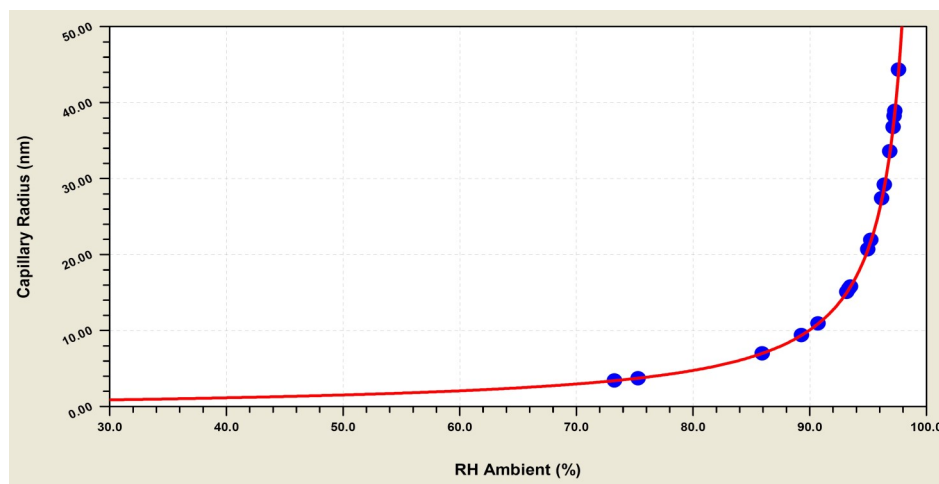
Avšak materiály nemajú rovnaký pôvod, a preto je na mieste očakávať rozdiely vo výsledkoch. Tento článok sa teda podrobnejšie venuje výskumu efektívnosti použitia LWA dostupného na Európskom trhu na IC.

nia (ako už mnoho autorov demonštrovalo) je oveľa vhodnejší pre vysokopevnostné betóny ako pre bežné každodenné betonáže [3,5]. Základným problémom je, že pri týchto konštrukciách sa zvyčajne všetky najnepriaznivejšie podmienky stretávajú súčasne na jednom

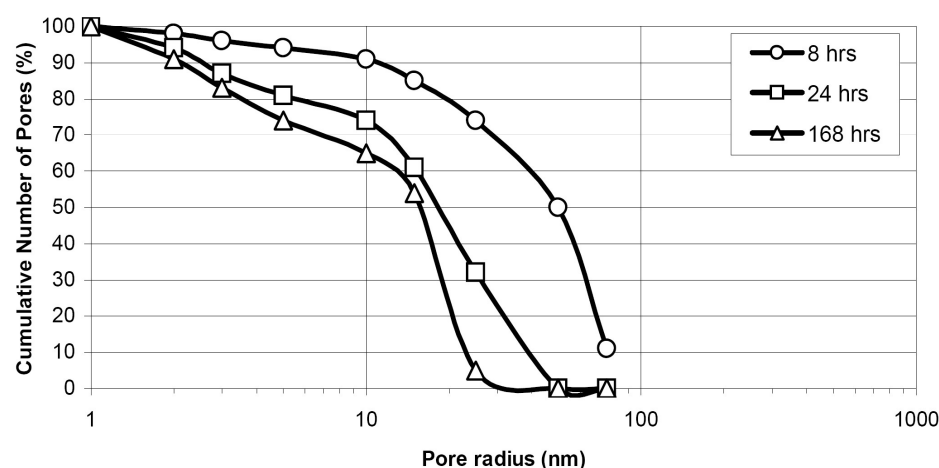
ne vnútorné ošetrovanie, potom neskôr po skončení tohto kritického obdobia začína betón vysychať spotrebovaním vody na hydratáciu cementu, čo môže viesť k zastaveniu hydratácie keďže povrchová vrstva betónu je príliš hutná (nedostatočne permeabilná) na to, aby umožnila penetráciu ošetrovacej vody (z kropenia) do jadrovej oblasti betónu [7,9,11]. IC, na rozdiel od konvenčných metód ošetrovania, sa musí zadefinovať a navrhnuť ešte pred začiatkom miešania čerstvého betónu, k čomu rozhodne potrebujeme poznať správanie LWA v IC. Ako také potrebujeme definovať tri hlavné parametre: (1) objem vody k dispozícii pre IC (nasiakavosť), (2) schopnosť vody uvoľniť sa z SLWA keď bude potrebná pre IC (desorpcia) a (3) distribúcia SLWA v betóne [7]. Táto práca sa zaoberá prevažne len prvými dvomi parametrami keďže distribúcia v betóne je do významnej miery závislá od zloženia betónu (receptúry).



Obr. 1: Kapilárne napätie ako funkcia RH



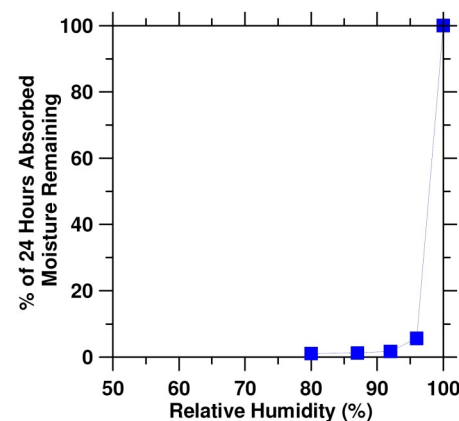
Obr. 2: Polomer kapilár ako funkcia RH



Obr. 4: Distribučné krivky rozdelenia veľkosti pórov cementového tmelu ( $w/c=0,3$ ) v troch rôznych vekoch zistené pomocou MIP (upravené z [7])

Význam vnútorného ošetrovania je priamo úmerný významu betónovej konštrukcie ako aj požadovanej pevnosti (súvisí s  $w/c$ ) a povrchovému modulu (pomer povrchu vystaveného okolitému prostrediu a objemu konštrukcie). Celý koncept vnútorného ošetrova-

mieste. Plošné konštrukcie s vysokým povrchovým modulom väčšinou znemožňujú ošetrovanie konštrukcie vo veľmi skorom veku, a to proti strate vlhkosti závislej od RH,  $T$ ,  $v_w$  a v neposlednom rade od slnečného žiarenia a koeficientu pohltivosti žiarenia betónu [6]. Na druhej strane, ak sa na ošetrovanie konštrukcie vo veľmi skorom veku navrh-



Obr. 3: Desorpčná krivka SLWA [10]

## Experimentálna časť

Skúšky boli navrhnuté tak, aby sa zistila jedna z dominantných charakteristík SLWA opačná k nasiakavosti – desorpcia. Desorpcia SLWA je kľúčovým parametrom v zmysle schopnosti SLWA poskytovať ošetrovaciu vodu vysychajúcemu cementovému tmelu prostredníctvom sania zo saturovaných kapilár spôsobeného napätiami vyššími ako PCAP [1, 9]. Podľa RH prostredia, ktorému boli vzorky vystavené a s ohľadom na čiaru zrnitosti ovplyvňujúcu špecifický povrch (SSA) každej frakcie sme sa zamerali na vypracovanie modelu desorpcie SLWA nápomocného pri implementácii IC prostredníctvom SLWA do praxe. Týmto spôsobom sme získali aj distribučnú krivku veľkosti pórov (podľa ich polomeru). Porovnaním tejto distribučnej krivky s distribučnými krivkami pórov v zatvrdnutom cementovom tmele sme predpokladali,

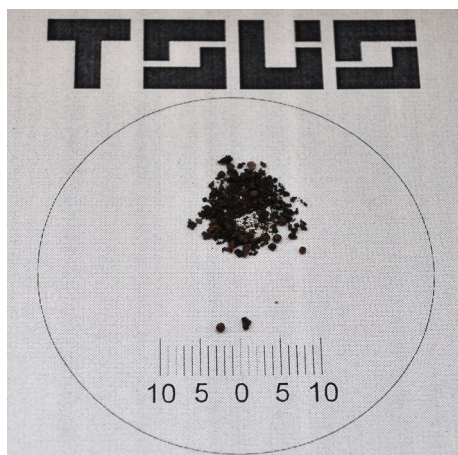
že bude možné vyhodnotiť vhodnosť každej skúšobnej vzorky (frakcie) LWA pre zamýšľané použitie v IC s ohľadom na konkrétny betón a podmienky na stavenisku alebo prinajmenšom posúdiť potrebu doplnkového ošetrovania iným spôsobom.

Experimentálna časť pozostávala z niekoľkých skúšok základných materiálových charakteristík ako sú sypná hmotnosť, zrornosť a 24-hodinová nasiakavosť. Výsledky týchto skúšok sú prezentované nižšie ako doplnkové dáta pre spresnenie popisu materiálu a jeho vhodnosti v zmysle nasiakavosti (voda potenciálne dostupná pre ošetrovanie) a desorpcie (voda skutočne dostupná pre ošetrovanie).

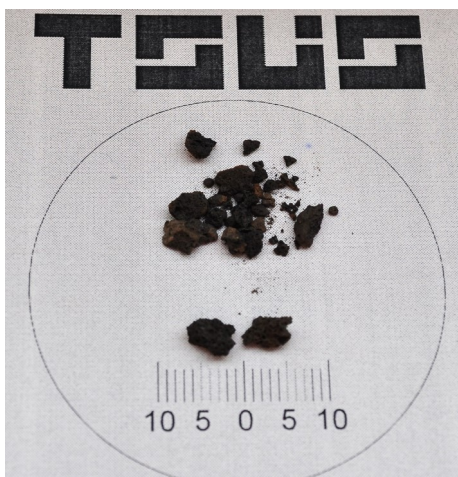
### Použité materiály

Pre skúšky sa vybrali tri rôzne frakcie LWA „Liapor“. Všetky tieto frakcie mali rovnaké chemické zloženie (uvádza sa v % hmotnosti s tolerančným intervalom  $\pm 5\%$ )  $\text{SiO}_2$  55,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  24,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  14,  $\text{CaO}$  5, stopové prvky  $2\pm 2$ . Liapor sa vyrába expandovaním bridlice v rotačných peciach (pri teplote  $1090^\circ\text{C} - 1200^\circ\text{C}$ ), pričom produkt má slinutý povrch. Pri výbere frakcií sa zvláštna pozornosť venovala výberu otvoreného vs. uzavretého pórového systému pretože rôzne frakcie sa vyrábajú aj s rôznym (ak vôbec) mletím v závere výrobného procesu. Do úvahy sa vzali parametre ako sú jemnosť každej frakcie, sypná hmotnosť, merná hmotnosť, nasiakavosť (po 2 hodinách). Samozrejme sa pri výbere skúšobných frakcií uvažovalo aj so životnosťou betónových konštrukcií, a preto sa sledoval napríklad maximálny obsah chloridov, maximálny celkový obsah síry alebo odolnosť proti alkalicko-kremičitej reakcii (ASR).

Vybrali sa tri frakcie LWA označené (v súlade s EN 12620 a EN 13055-1) ako frakcie s najmenším zrnom (otvorom sita) a najväčším zrnom tak, ako sa uvádza na obr. 5, 6 a 7.



Obr. 5: Frakcia 0/1 mm



Obr. 6: Frakcia 0/4 mm

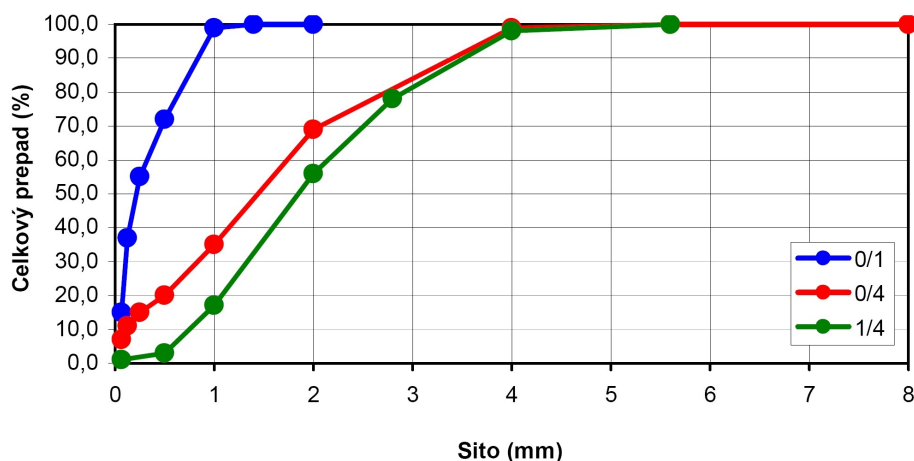


Obr. 7: Frakcia 1/4 mm

### Vedľajšie skúšky

Skúšky sypnej hmotnosti a mernej hmotnosti sa vykonali v súlade s EN 1097-3 a EN 1097-6. Čiary zrornososti vybraných frakcií sa zisťovali podľa postupu EN 933-1. Vedľajšími skúškami sa zisťovala aj 24-hodinová nasiakavosť podľa EN 1097-6. Výsledky a materiálové charakteristiky sú zhrnuté v tab. 1 a obr. 8.

Tab. 1: Prehľad výsledkov vedľajších skúšok			
Vlastnosť (jednotka)	0/1	0/4	1/4
Sypná hmotnosť ( $\text{kg/m}^3$ )	610	410	760
Merná hmotnosť ( $\text{kg/m}^3$ )	1690	1090	1210
Nasiakavosť (%)	4,73	7,16	14,39



Obr. 8: Čiary zrornososti skúšobných frakcií

### Výroba a príprava vzoriek

Vzorky použité pre meranie desorpcie sa pred skúškou individuálne ponorili do vody konštantnej teploty  $20\pm 2^\circ\text{C}$ . Po  $24\pm 2$  hod. nasiakania sa prebytočná voda scedila a vlhkosť na povrchu SLWA sa vysušila pomocou papierových utierok. Vlhkosť povrchu sa kontrolovala jednoduchým postupom pomocou kontrolnej papierovej utierky. Následne sa pripravili vzorky hmotnosti cca 20 g – 25 g. Vzorky sa navážili do malých plastových kruhových misiek ( $\varnothing$  50 mm; výška 25 mm) s hornou stranou otvorenou.

Vykonal sa tri skúšky na troch samostatných sadách vzoriek. Jedna sada reprezentuje 8 skúšobných „telies“ (kruhových misiek) pre každú z troch frakcií, t.j. 24 skúšobných telies.

### Skúšobný postup

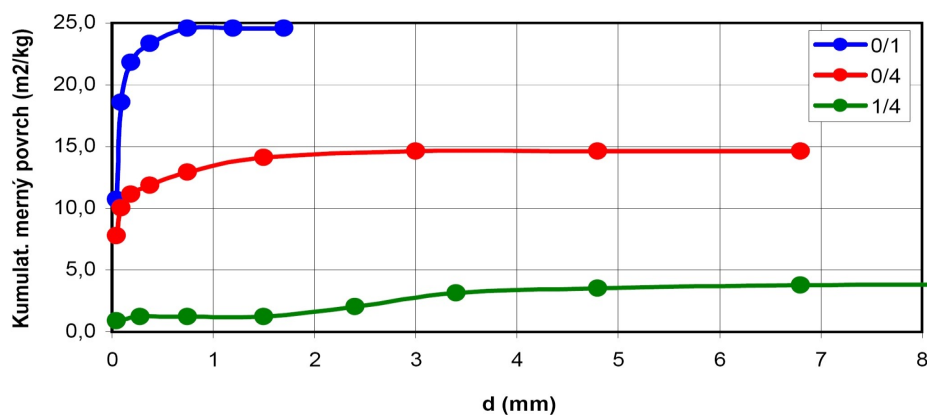
Pripravené vzorky sa umiestnili do jednoduchej „klimatizačnej“ komory kde sa udržiavala konštantná RH, T (okolo  $23,5^\circ\text{C}$ ) a zanedbateľné prúdenie vzduchu. Prostredie vo vnútri komory sa regulovalo triviálnym princípom rovnovážneho stavu izolovaného systému. V tomto prípade izolovaný systém reprezentuje otvorená vodná hladina vzduch nad ňou. Po určitom čase tieto látky zaujmú rovnovážny stav RH 100 %. V prípade potreby regulácie RH, umožní sa to miernym prúdením vzduchu cez nastaviteľnú štrbinu v hornej časti komory. Štrbina sa pred skúškami nakalibrovala. Počas skúšok sa priebežne zaznamenávali dáta o RH a teplote T vody aj vzduchu. Vzorky sa pravidelne vážili na váhach s presnosťou  $\pm 0,0005$  g.

Táto presnosť bola potrebná pretože počiatočná hmotnosť nasiaknutej vody vo vzorkách sa pohybovala okolo 0,9 g na jedno skúšobné teleso. Keď sa zaznamenala nulová strata hmotnosti skúšobných telies medzi dvomi po sebe idúcimi meraniami (ustálená hmotnosť), RH v komore sa znížila a skúška pokračovala rovnakým spôsobom. Skúšky boli prispôsobené na meranie 8 rovnovážnych stavov a jedného prvého a posledného merania kedy boli vzorky vystavené veľmi nízkemu RH (pod 30 %) za použitia silikagélu.

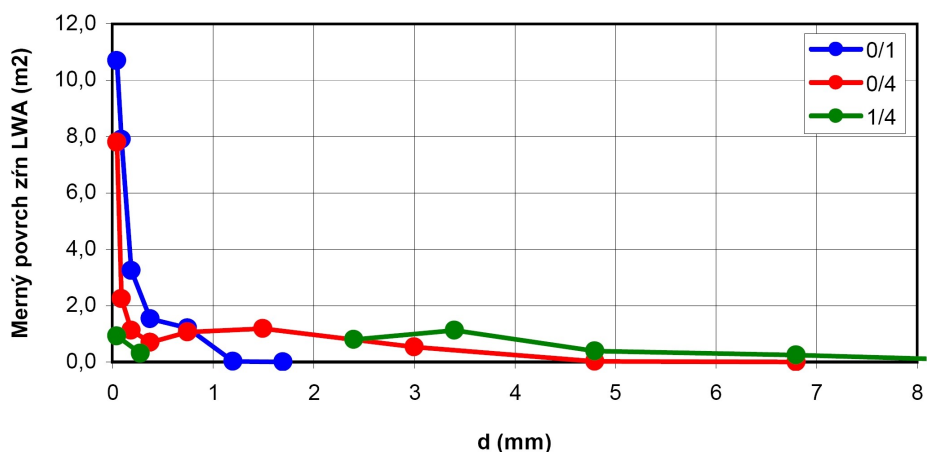
## Interpretácia výsledkov

Vykonal sa tri skúšky desorpcie na 72 skúšobných telesách (24 z každej frakcie). Celkovo sa na analýzu získalo 696 dátových bodov (232 z každej frakcie).

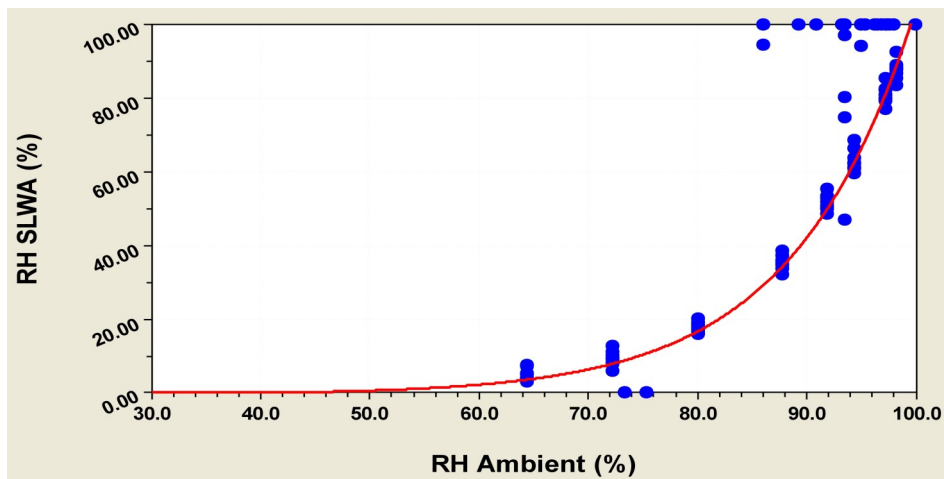
Z vedľajších skúšok vyplynul jeden parameter úzko spätý so zrnitosťou resp. s čiarou zrnitosti. Zmieným parametrom je špecifický povrch (SSA), ktorý musí byť jedným z rozhodujúcich faktorov ovplyvňujúcich stratu vody na rozhraní SLWA a okolitého prostredia. Na základe zjednodušenia, že zrníčka LWA majú idealizovaný tvar gule sa z čiar zrnitosti stanovil výpočtový SSA pre každú frakciu zvlášť (obr. 9) a individuálny SSA každej výpočtovej veľkosti zrna LWA (obr. 10).



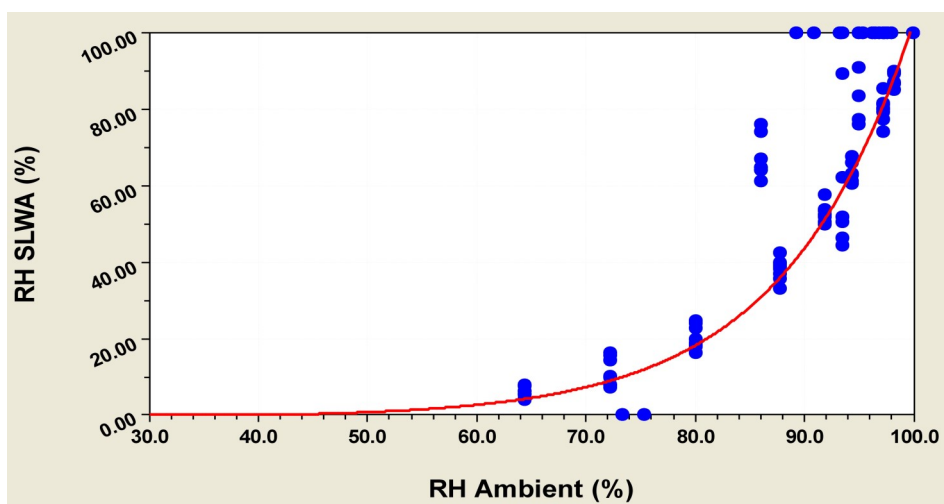
Obr. 9: Kumulatívne čiary SSA



Obr. 10: Distribučné čiary SSA



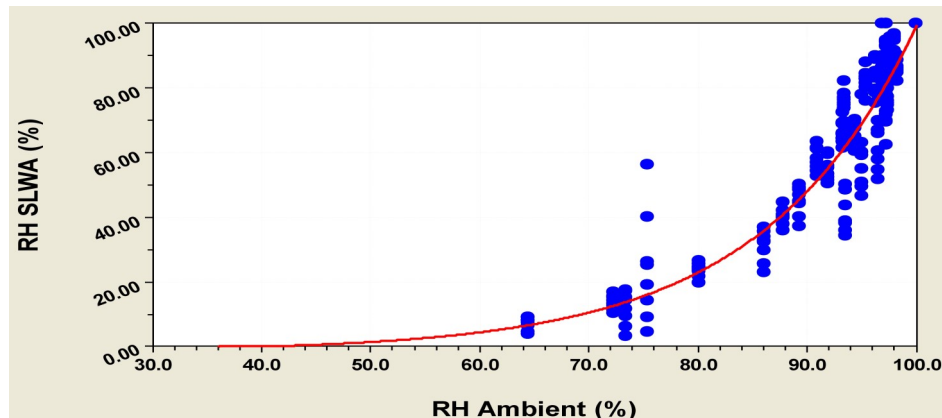
Obr. 11: Desorpčná krivka – frakcia 0/1



Obr. 12: Desorpčná krivka – frakcia 0/4

Nasledujúce grafy (obr. 11 – 13) zobrazujú desorpciu (stratu vody) SLWA. Zistené priebehy desorpcie súhlasia s očakávaným správaním keďže hnacou silou desorpcie je hlavne RH prostredia, s ktorým sa RH SLWA snaží dostať do rovnovážneho stavu. Funkcia popisujúca všetky desorpčné krivky získané pri konštantnej teplote  $T$  (296,5 K) a  $vW$  musí byť určitým variantom mocninového modelu. I keď to znie triviálne, existujú isté špecifiká, ktoré sa nesmú opomenúť. Ak sa pozrieme bližšie na všetky grafy, bez ohľadu na frakciu, všetky desorpčné krivky sa približujú nule pri RH cca 40 %, čo sa označuje ako kritický bod (zodpovedajúce PCAP cca 125 MPa) kedy sa v kapilárach rozpadajú menisky pretože polomer vyprázdňovaných kapilár poklesol na cca 1,1556 nm (rovná sa 3 molekulám vody) [1,10]. To znamená, že funkcia bude definovaná pre interval RH (40 %; 100 %). Medzi výsledkami sú malé odchýlky, ktoré s najväčšou pravdepodobnosťou môžu byť pripísané zrnitosti (jemnosti) a pórovej štruktúre (slnutý povrch) LWA, ktoré ovplyvňujú celú škálu vlastností. Tu by mala byť zdôraznená jedna dôležitá skutočnosť. Snaha o dokonalé odstránenie povrchovej vlhkosti z SLWA (najmä jemných frakcií) s otvorenou pórovou

štruktúrou je prakticky nemožné aj napriek kontrole povrchovej vlhkosti metódou papierovej utierky. Toto vedie k zvýšeniu počiatkovej RH SLWA, v niektorých prípadoch o viac než 5 %. S touto poznámkou súvisí ďalšie pozorovanie väčšej strmosti desorpčných kriviek jemnejších frakcií a spoločného priesečníka všetkých kriviek v okolí 97 % RH, čo indikuje stratu všetkej povrchovej vlhkosti.



Obr. 13: Desorpčná krivka – frakcia 1/4

Analýzou získaných dát sme dospeli k desorpčnému modelu SLWA (prinajmenšom Liapor-u)  $RH_{SLWA}$  (%). Desorpčný model, ako je uvedený vo vzťahu 3, je mocninovou funkciou relatívnej vlhkosti prostredia  $RH_{AMB}$  (%), s ktorým sa SLWA snaží zaujať rovnovážny stav. V desorpčnom modeli ďalej vystupuje opravná konštanta 4,38 zaisťujúca, že funkcia je rovná nule pri  $RH_{AMB}$  40,03 % kedy už nie je v kapilárach žiadna voda dostupná na desorpciu. Intenzita desorpcie je ďalej ovplyvnená mocninou SSA, opäť závislou od  $RH_{AMB}$ . Mocnina SSA sa zhoduje s rozdielmi jednotlivých frakcií z hľadiska nezamedziteľnej počiatkovej povrchovej vlhkosti.

(%) (3)

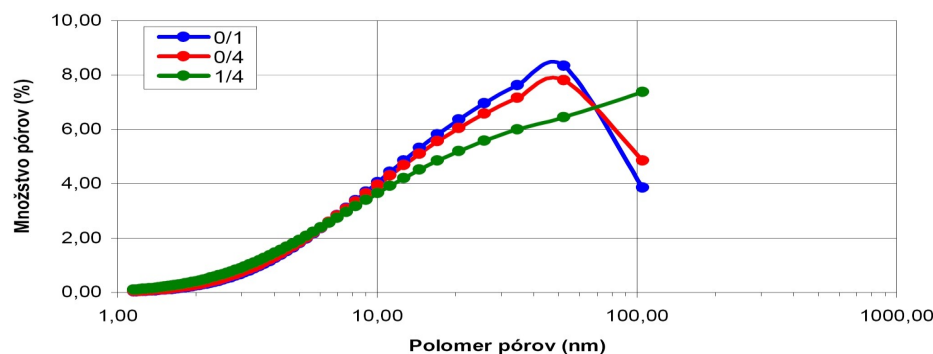
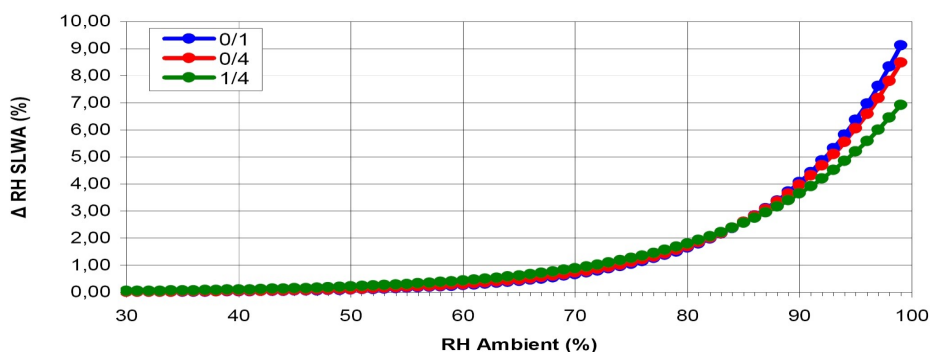
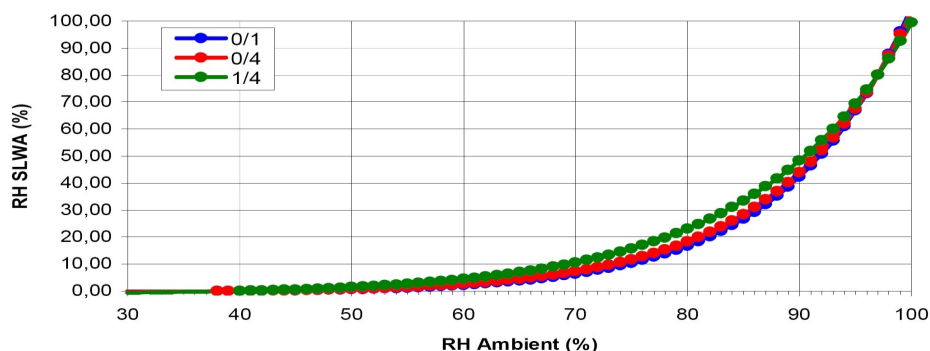
$$RH_{SLWA} = \left( RH_{\frac{RH_{AMB}}{100}} - 4,38 \right) \cdot SSA^{\frac{RH_{AMB}-97}{100}}$$

Porovnanie desorpčných kriviek všetkých frakcií v jednom grafe zachytáva obr. 14, ktorý demonštruje dva spoločné body všetkých kriviek. Prvým z nich je bod zodpovedajúci  $RH_{AMB}$  97 %, pri ktorom aj jemnejšie frakcie stratia všetku vodu viazanú na povrchu zŕn a začínajú vysychať z vnútra pórovej štruktúry. Druhým spoločný bod zodpovedá  $RH_{AMB}$  40,03 %, kedy už nie je v póroch SLWA žiadna voda dostupná na uvoľnenie a desorpcia sa zastavuje. Z jednotlivých kriviek je možné ďalej vidieť len veľmi malé rozdiely medzi jednotlivými frakciami, na rozdiel od toho čo by sa mohlo očakávať od tak významných rozdielov v SSA. Tu si však musíme uvedomiť, že s rastúcim SSA rastie aj sypaná hmotnosť a styčná

plocha medzi jednotlivými zrnami. Obrázok 15 zobrazuje intenzitu desorpcie. Je zrejmé, že jemnejšie frakcie strácajú vodu rýchlejšie, obzvlášť pri vyšších RH, čo je dané ich jemnosťou a otvorenou pórovou štruktúrou alebo prekvapivým zistením, že môžu mať k dispozícii väčšie množstvo veľkých pórov ako frakcia 1/4 (obr. 16).

## Použitie LWA na IC

Z pohľadu možnosti použitia LWA (Liapor) na IC nie je možné jednoznačne stanoviť či skúšané frakcie sú alebo nie sú vhodné a čo viac bolo by to i nezodpovedné pretože poznáme niekoľko mechanizmov zmršťovania, proti ktorým Liapor môžeme efektívne používať. Ak porovnáme desorpčné krivky (skúšaných frakcií) Liapor-u s tou, ktorá je prezentovaná v obr. 3, môžeme vidieť uvoľňovanie vody z pórov Liapor-u v neskoršom čase (pri nižších RH), čo by mohlo umožniť vytvorenie dutín v cementovom tmele a následne rastúce kapilárne napätia by mohli vyvolať poruchy cementovej matrice. Na druhej strane, oddialenie začiatku uvoľňovania vody z LWA znamená, že väčšie množstvo vody bude dostupné v cementovom tmele v neskoršej dobe. Každopádne Liapor má príliš málo veľkých pórov (účinných vo veľmi skorom veku betónu) ako je to možné vidieť z obr. 17.

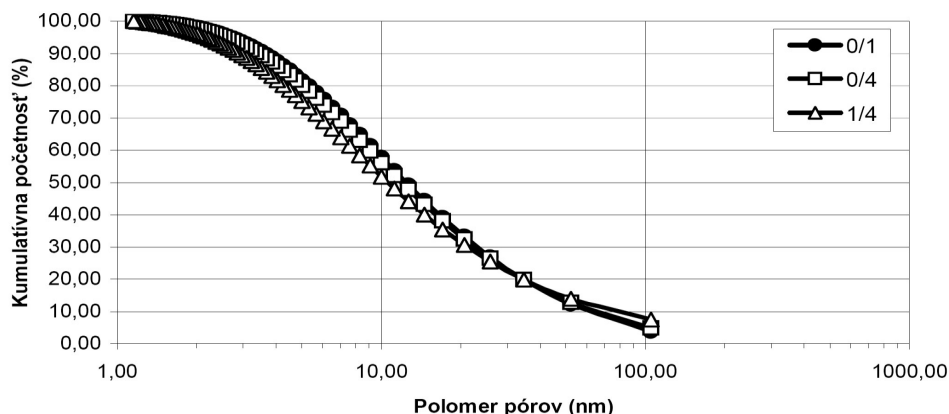


Obr. 14: Zloženie všetkých troch desorpčných kriviek

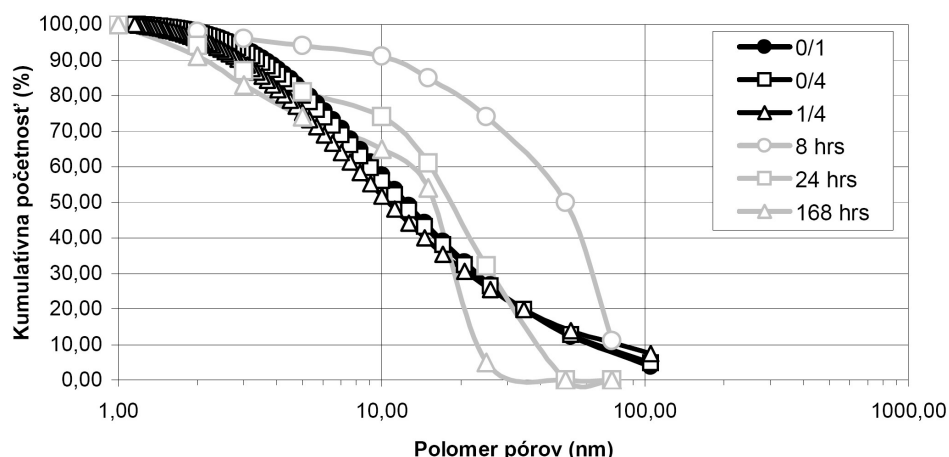
Obr. 15: Intenzita desorpcie medzi dvomi po sebe nasledujúcimi % stupňami  $RH_{AMB}$

Obr. 16: Distribučné krivky rozdelenia veľkosti pórov

Vidíme, že iba približne 50 % pórov má polomer väčší ako 10 nm (zodpovedá RHAMB cca 90 %). Ako naznačuje obr. 18, Liapor s vysokou pravdepodobnosťou nie je vhodný na IC vo veľmi skorom veku betónu, ale mohol by byť veľmi účinný ak by začal pôsobiť povedzme po 24 hodinách a do tej doby by sa betón ošetroval iným spôsobom. Tu sa musí poznamenať, že iné spôsoby (konvenčného) ošetrovania ako napríklad kropenie, generovanie hmly, atď. sú vhodnejšie práve v tomto štádiu, pretože hutnosť betón s časom rapídne rastie.



Obr. 17: Kumulatívna početnosť pórov podľa polomeru



Obr. 18: Kumulatívna početnosť pórov v SLWA vs. v cementovom tmele v rôznom veku

## Záver

Z výsledkov desorpcie a vedľajších skúšok sa podarilo odvodiť desorpčný model pre LWA Liapor. Model môže nájsť uplatnenie v rozhodovacom procese či použiť alebo nepoužiť IC a ak áno, ako navrhnúť receptúru čerstvého betónu. LWA dostupné na Európskom trhu (Liapor) preukázalo kvantitatívne iné správanie ako LWA bežne používané (a skúšané) v USA a prekvapivo obsahuje menej veľkých pórov, čo posúva jeho účinnosť do neskoršieho veku betónu keď RH poklesne. Tieto zistenia hovoria, že v prípade použitia Liapor-u by sa nemalo príliš spoliehať na IC vo veľmi skorom veku betónu. Úžitok z IC pomocou

Liaporu možno očakávať až v období keď PCAP dosiahne hodnoty (cca 10 MPa) adekvátne RH okolo 95 % (keď krivky v obr. 17 dosiahnu inflexný bod). Liapor sa môže používať na IC, ale výhodnejšie je nastavenie ošetrovania na neskoršie obdobie (po 1 dni) a pokiaľ možno, nie v ultra- a veľmi vysokopevnostných betónoch.

## Podakovanie

Tento článok vznikol ako súčasť riešenia projektu VEGA č. 1/0511/19.

Master Thesis, Purdue University, West Lafayette, 2008.

- [8] Henkensiefken, R., Briatka, P., Bentz, D., Nantung, T., Weiss, J.: Plastic Shrinkage Cracking in Internally Cured Mixtures – Prewetted Lightweight Aggregate can Reduce Cracking, In: Concrete International, Vol. 32, No. 2, American Concrete Institute, Farmington-hills, 2010.
- [9] Lura, P.: Autogenous Deformation and Internal Curing of Concrete, PhD. Thesis, Delf University, Delf, 2003.
- [10] Radlinska, A. et al.: Shrinkage Mitigation Strategies in Cementitious Systems: A Closer Look at Differences in Sealed and unsealed Behavior, In: Journal of the Transportation Research Board, Washington, 2008.
- [11] Sant, G., Eberhardt, A., et al.: The Influence of Shrinkage Reducing Admixtures (SRAs) on Moisture Absorption in Cementitious Materials at Early-Ages, Journal of Materials in Civil Engineering, Vol. 22, No. 3, 2010, pp: 277-286.
- [12] Wittmann, F.H.: On the Action of capillary Pressure in Fresh Concrete, In: Cement and Concrete Research, Vol. 6, No. 1, 1976.
- [13] EN 12620+A1:2008 – Aggregates for concrete.
- [14] EN 13055-1:2002 – Lightweight aggregates. Lightweight aggregates for concrete, mortar and grout.
- [15] EN 1097-3:1998 – Tests for mechanical and physical properties of aggregates. Determination of loose bulk density and voids.
- [16] EN 1097-6:2000 – Tests for mechanical and physical properties of aggregates. Determination of particle density and water absorption.
- [17] EN 933-1:1997 – Tests on geometrical properties of aggregates. Determination of particle size distribution. Sieving method. .

## Autori:

- Dr. Peter Briatka, MBA., COLAS Slovakia, a.s., Košice
- Ing. Jana Briatková Olšová, Bria Invenia, s.r.o., Bratislava
- doc. Ing. Peter Makýš, PhD., Stavebná fakulta STU, Bratislava

## Zaradenie článku:

- Vedecký

## Literatúra:

- [1] Adamson, A.W., Gast, A.P.: Physical Chemistry of Surfaces, 6th Ed. Wiley-Interscience, New York, 1997.
- [2] Bentz, D.P., Lura, P.: Mixtures Proportioning for Internal Curing, Concrete International, Vol. 27, American Concrete Institute, Farmingtonhills, 2005. pp: 35-40.
- [3] Briatka, P.: Internal Curing of Concrete using Lightweight Aggregate, In: proceedings of conference Design, Preparation and Execution of Constructions, held in Bratislava, March, 2010.
- [4] Briatka, P.: Reduction of Plastic Shrinkage Cracking in Concrete Pavements and Elimination of Maintenance Expenses, In: proceedings of The Young European Arena of Research, Forum of European National highway Research Laboratories, 2010.
- [5] Briatka, P., Makýš, P.: Elimination of Plastic Shrinkage Cracking in Concrete, In: proceedings of Junior Scientist Conference held in Vienna, April, 2010.
- [6] Briatka, P., Makýš, P.: Fresh Concrete Curing – Part 1: Water Loss from Concrete, In: Beton T.K.S., Vol. 10, No. 1, Beton TKS, Prague, 2010.
- [7] Henkensiefken, R.: Internal Curing in Cementitious Systems Made Using Saturated Lightweight Aggregate,



# Vliv povrchových úprav na bobtnání OSB desky

## Effect of Surface Finishes for Swelling of Oriented Strand Board

OSB desky jsou náchylné k absorpci vody a v důsledku toho dochází k jejich bobtnání. Příspěvek prezentuje výzkum, jehož cílem je srovnání různých povrchových úprav OSB desek za účelem nalezení povrchové úpravy s nejlepšími hydroizolačními vlastnostmi. Hlavní metodikou je zkouška bobtnání po uložení ve vodě po dobu 20 dnů. Této zkoušce jsou podrobeny zkušební vzorky opatřené povrchovými úpravami celoplošně a vzorky s povrchovými úpravami pouze na řezných hranách. Výsledky jsou v příspěvku prezentovány formou grafů bobtnání a potvrzují významný vliv povrchové úpravy na OSB desky vystavené dlouhodobějšímu působení vlhkosti.

### Klíčové slová:

OSB, Vlhkost, Bobtnání, Povrchová úprava, Hydroizolace

Oriented strand board (OSB) is prone to water absorption and that it swells up as a result. The purpose of presented research is to compare different types of surface finishes for OSB in order to find the surface finish with the best waterproofing attribute. The main methodology is a test for determination of swelling after immersion in water for 20 days. The OSB samples treated with surface finishes across their whole surface and the samples treated with surface finishes only along the edges are passed this test. The results include graphs showing swelling in thickness and confirm a significant effect of surface finish for OSB subjected to prolonged exposure to moisture.

### Key words:

OSB, Moisture, Swelling, Surface finish, Waterproofing

### Úvod

Dřevostavby se v některých zemích těší velké oblibě již dlouhou dobu, v této souvislosti je vhodné zmínit například USA nebo Kanadu. V poslední době však zaznamenávají vzrůstající trend i v Evropě, a to především v oblasti výstavby rodinných domů. Mají řadu výhod, jednou z hlavních je rychlost výstavby. Pokud pomineme případné zdržení u železobetonových základů, rychlost realizace samotné konstrukce ze dřeva nebo materiálů na bázi dřeva se pohybuje v týdnech. Taková rychlost je u



prozatím tradičnějších zděných budov nepředstavitelná. Cena dřevostavby je oproti tomu s cenou zděné stavby srovnatelná. Mezi další výhody patří velmi dobré tepelně technické vlastnosti obvodového pláště dřevostaveb.

Dřevo je přírodní materiál, a ačkoliv je tato skutečnost v mnoha ohledech výhodou, má i některé negativní dopady, jako jsou hořlavost nebo schopnost absorpce vody. Toto platí nejen pro dřevo jako takové, ale i pro výrobky na bázi dřeva. Jedním z nejpoužívanějších výrobků na bázi dřeva jsou OSB desky. Využívají se k opláštění stěn, střech i jako součást podlahových nebo stropních konstrukcí.

OSB desky jsou tvořeny jednotlivými vrstvami z tenkých obdélníkových třísek. Tyto vrstvy jsou uspořádány kolmo na sebe a slepují se lisováním za tepla. Různou orientací vrstev je dosaženo zlepšení mechanicko-fyzikálních vlastností desek. Rozsáhlé testování OSB desek ukázalo, že se dají využít i jako nosný materiál. [1] Hygroskopické vlastnosti dřevěných třísek a vnitřní napětí vznikající při lisování za tepla jsou označovány za příčinu náchylnosti OSB desek k absorpci vody. [2] Existuje předpoklad, že vlhkost vniká do OSB desky dříve a ve větším množství skrz řezné hrany, které jsou vůči tomuto jevu méně odolné než přední nebo zadní povrch desky. [1, 3] Následné bobtnání je značně nežádoucí jev, který může mít nepříznivý dopad na jejich mechanické a fyzikální vlastnosti. Kromě toho může také přispět k napadení dřevokazným hmyzem, hnilobou nebo plísněmi. Důsledky pak nezpůsobují pouze estetické problémy, mají též

nepříznivý vliv na zdraví obyvatel. [4] Pomocí úprav však lze tento nežádoucí efekt eliminovat. Obecně se dají tyto úpravy rozdělit do tří kategorií: předúprava dřeva dodávaného pro výrobu OSB desek, úprava podmínek výrobního procesu nebo úprava konečného produktu. [5]

Ve fázi realizace dřevostaveb, na kterou se autoři článku zaměřují především, nelze zasahovat do samotného výrobního procesu OSB desek. Jejich výzkum se tedy zaměřuje na možnost zvýšení odolnosti OSB desek proti absorpci vody prostřednictvím aplikace vhodné povrchové úpravy. Cílem výzkumu je optimalizace povrchových úprav a nalezení povrchové úpravy, která by své hydroizolační vlastnosti zachovávala i při dlouhodobé expozici vlhkosti. Dalším dílčím cílem je zjistit, zda lze efekt bobtnání OSB desek redukovat aplikací hydroizolačních povrchových úprav pouze na řezné hrany.

### Literární přehled současného stavu poznání

Z již publikovaných přístupů k problematice povrchových úprav OSB desek lze zmínit broušení OSB desek a následný nátěr povrchovou úpravou vytvrzenou UV-zářením, což se projevuje v problematice redukce bobtnání OSB desek jako efektivní při krátkodobém vystavení zkušebních vzorků účinkům vody.

[6] Obdobný závěr je publikován i v případě ošetření povrchu OSB desky stříkaným roztaveným voskem. [7] Příznivé vodoodpudivé účinky jsou prokázány také při aplikaci vysoce elastického polyuretanového nátěru. [8]

V rámci publikovaných výsledků výzkumu vlivu velikosti zkušebních vzorků z OSB desek při zkouškách zrychleného zvětřování je diskutován předpoklad, že dochází k absorpci vody a bobtnání nejprve na řezných hranách desek. Vliv velikosti řezných hran a zmiňovaný předpoklad však není v této souvislosti jednoznačně prokázán ani vyvrácen. [3]

## Materiály

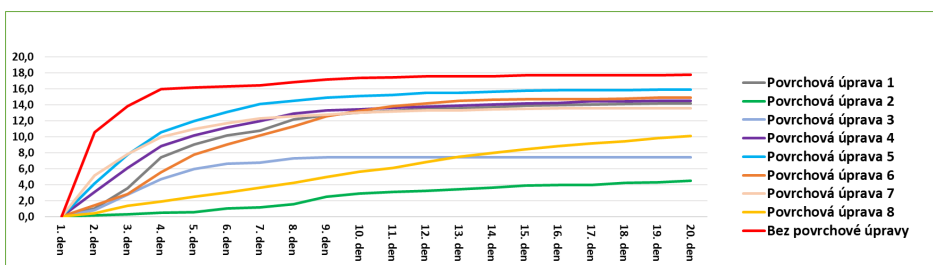
Zkušební tělesa jsou pro účely výzkumu odbírána z desek OSB/4 tloušťky 15 mm. OSB/4 je normou klasifikována jako zvlášť zatížitelná nosná deska pro použití ve vlhkém prostředí. [9] Garantovaná charakteristická objemová hmotnost těchto desek je větší než 600 kg/m<sup>3</sup>. Odběr vzorků byl proveden v souladu s normou ČSN EN 326-1. [10] Jsou dodrženy rozměry zkušebních těles 50 × 50 mm a další požadavky v souladu s normou ČSN EN 317. [11]

Celkem 8 typů povrchových úprav vhodných pro OSB desky je aplikováno na zkušební tělesa. Každá z nich má zvyšovat odolnost OSB desky proti působení vlhkosti. Jsou voleny povrchové úpravy na trhu běžně dostupné. Některé povrchové úpravy vyžadují dle pokynů výrobce aplikaci ve více vrstvách nebo ve skladbě s dalším přípravkem. K vybraným úpravám se nevážejí speciální požadavky na úpravu povrchu samotné OSB desky před

jejich aplikací, pouze zbavení případných nečistot. Kromě korkové směsi určené ke stříkání je možné všechny úpravy aplikovat natíráním. Seznam použitých povrchových úprav a jejich skladeb včetně detailnější specifikace je uveden v Tab. 1. K experimentu jsou použity dvě sady vzorků. Jedna sada je opatřena povrchovými úpravami celoplošně, druhá má úpravami opatřeny pouze řezné hrany.

## Zkušební postup

Zvolená zkouška stanovení bobtnání po uložení ve vodě vychází z normy ČSN EN 317. [11] Je však modifikována, aby bylo možné sledovat chování OSB desky vystavené dlouhodobému působení vlhkosti, ne pouze krátkodobému. Dalším cílem zvolené metody je zjistit, zda dojde po určité době k ustálení důsledků působící vlhkosti.



Obr. 1: Grafické znázornění křivek bobtnání v [%] u vzorků opatřených povrchovými úpravami celoplošně [12]

Po dobu 20 dnů jsou zkušební tělesa ponořena ve vodě o teplotě 20 °C a každý den je provedeno změření jejich tloušťky. Počet vzorků je dle normy ČSN EN 326-1 [10] stanoven na 8 ks pro každou povrchovou úpravu. Pro srovnání vlivu povrchové úpravy jsou součástí zkoušek i zkušební vzorky bez po-

vrchové úpravy.

Hodnota bobtnání každého zkušební tělesa  $G_t$ , vyjádřená v procentech původní tloušťky v jednotlivých dnech pro každou povrchovou úpravu, je vypočítána pomocí následujícího vzorce (1):

$$G_t = \frac{t_2 - t_1}{t_1} 100 \quad (1)$$

kde  $t_1$  je tloušťka zkušební tělesa před ponořením v mm a  $t_2$  je tloušťka zkušební tělesa po ponoření ve vodě na dobu 24 h v mm. [11] Celková hodnota pro daný den je vypočítána aritmetickým průměrem.

## Výsledky a diskuze

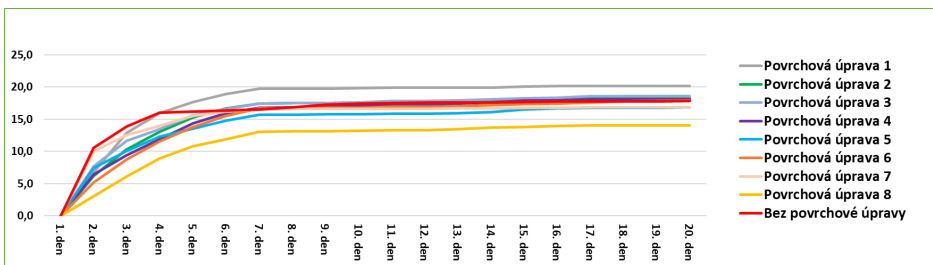
Výsledky zkoušky stanovení bobtnání po uložení ve vodě jsou pro vzorky OSB desky opatřené povrchovými úpravami celoplošně patrné z grafu na Obr. 1 a pro vzorky opatřené povrchovými úpravami pouze na řezných hranách z grafu na Obr. 2.

Tab. 1: Specifikace testovaných povrchových úprav

Číslo povrchové úpravy	Specifikace povrchové úpravy nebo její skladby	Možnost použití
1	Silikonový hydroizolační nátěr – 1 vrstva	exteriér
2	Jednosložková hydroizolační stěrka na bázi polymerů – 1 vrstva	exteriér
3	Penetrační vodní emulze akrylického kopolymeru – 1 vrstva	exteriér
	Korková směs pro aplikaci stříkáním (organická směs drceného korku, akrylátové emulze ve vodní disperzi, pigmentů a vody) – 2 vrstvy	
4	Lak k ošetřování dřeva vhodný pro provádění základních nátěrů (složení: akrylát, TiO <sub>2</sub> , BaSO <sub>4</sub> , lakový benzín, Na-fosfát, voda, konzervační přísada) – 1 vrstva	exteriér i interiéru
5	Akrylátová barva na dřevo (složení: akrylát, TiO <sub>2</sub> , Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> , křemičitan, lakový benzín, glycol, konzervační přísada, voda) – 2 vrstvy	exteriér i interiéru
6	Přípravek na vodní bázi na ochranu čelních ploch dřeva (složení: 5-chlor-2-methyl-2H-isothiazol-3-on a 2-methyl-2H-isothiazol-3-on (3:1), 1,2-benzisothiazol-3(2H)-on) – 1 vrstva	exteriér
7	Adhezívní můstek (jednosložkový bezrozpuštědlový nátěr, směs plniv a kameniv ve vodné styrenakrylátové disperzi) – 1 vrstva	exteriér i interiéru
8	Přípravek ke zpevnění dřeva na polyuretanové bázi (složení: diphenylmethan-4,4'-diisocyanat, rozmezí aromat. uhlovodíků C <sub>9</sub> -C <sub>11</sub> , diphenylmethan-2,4'-diisocyanat, hexamethylen-1,6-diisocyanat homopolymer) – 1 vrstva	exteriér i interiéru
	Lak k ošetřování dřeva vhodný pro provádění základních nátěrů – 2 vrstvy	

Normou ČSN EN 300 je stanovena hodnota bobtnání desek OSB/4 po 24 hodinách na 12 %. [9] Průměrná hodnota bobtnání získaná tímto výzkumem pro vzorky bez povrchové úpravy je 10,6 %. Testované vzorky desky OSB/4 tedy vykazují po 24 hodinách nižší hodnotu bobtnání, než požaduje norma. Dvacátý den měření je dosaženo hodnoty bobtnání 17,8 %. Z grafického znázornění (Obr. 1) dále vyplývá, že křivka bobtnání vzorků bez povrchové úpravy se téměř ustálí po devátém dni měření. Na základě měření lze vyhodnotit jako nejlepší povrchovou úpravu skladbu 2 – jednosložkovou hydroizolační stěrku. Vzorky OSB desky opatřené touto úpravou vykazují průměrnou hodnotu bobtnání po 24 hodinách 0,1 %, po 20 dnech pak průměrnou hodnotu 4,5 %. Jako druhá nejlepší varianta se jeví skladba 8 – skladba se zpevňovačem dřeva na polyuretanové bázi. U této povrchové úpravy je hodnota bobtnání po 24 hodinách 0,4 % a po 20 dnech 10,1 %. Bobtnání obou povrchových úprav má tendenci v čase dále stoupat narozdíl od ostatních úprav, u nichž po několika dnech dochází k ustálení bobtnání. Jako třetí nejlepší úprava je vyhodnocena skladba 3 – skladba s korkovou směsí pro aplikaci stříkáním, která má nižší hodnotu bobtnání po 20 dnech než skladba 8 (7,5 %). Dále lze konstatovat, že všechny povrchové úpravy dokáží bobtnání zpomalit. V rámci prvních 24 hodin je bobtnání u všech vzorků opatřených povrchovou úpravou sníženo minimálně na polovinu.

Všechny povrchové úpravy aplikované pouze na řezné hrany, s výjimkou povrchové úpravy 7 – adhezni můstek, zpomalují proces bobtnání v rámci prvních tří dnů měření (Obr. 2). Z dlouhodobého hlediska se však tento způsob ošetření OSB desek nejeví jako účinný. Nejlepšího výsledku dosahuje skladba 8 – skladba se zpevňovačem dřeva na polyuretanové bázi. Tento výsledek je přisuzován schopnosti hlobukového průniku zpevňovače do dřeva, čímž pravděpodobně dochází k ošetření větší plochy vzorků než u ostatních aplikovaných povrchových úprav. U některých vzorků ošetřených povrchovými úpravami na hranách dochází dokonce k většímu bobtnání než u referenčních vzorků bez povrchové úpravy.



Obr. 2: Grafické znázornění křivek bobtnání v [%] u vzorků opatřených povrchovými úpravami pouze na řezných hranách [12]

Tato skutečnost je přisuzována obsahu náhodně uspořádaných dutin různých velikostí v OSB deskách a různorodé schopnosti jednotlivých třísek vést vodu, což je důsledkem nerovnoměrného obalení třísek pryskyřicí a výskytu uzlů. Tyto imperfekce OSB desek vznikají už při jejich výrobním procesu a mají za následek nepravidelný transport vody po desce [3, 13], což se v tomto případě projevuje.

## Závěr

Výsledky experimentů potvrzují předpoklad významného vlivu povrchové úpravy OSB desky vystavené dlouhodobějšímu působení vlhkosti. Vhodně zvolená povrchová úprava může velmi významně ovlivnit velikost bobtnání OSB desky. Všechny použité povrchové úpravy diskutované v příspěvku snižují velikost bobtnání OSB desek, některé až o téměř 90 % oproti vzorku bez povrchové úpravy. Jednoznačně je prokázáno, že výsledky výrazně ovlivní druh použité povrchové úpravy. Dále je prokázáno, že povrchová úprava pouze řezných hran nepřináší výrazné zlepšení výsledků tak, jako povrchová úprava po celém povrchu zkušební vzorku. Posledním výsledkem je zjištění, že bobtnání se ustálí do 10 dní.

## Poděkování

Příspěvek vznikl za podpory projektu FAST-J-18-5415 „Vliv podmínek prostředí na vlastnosti lepeného sendvičového panelu“.

## Literatúra:

- [1] MORLEY, M. Building with structural insulated panels (SIPs) strength and energy efficiency through structural panel construction. Newtown, CT: Taunton Press, 2000. ISBN 1561583510.
- [2] DEL MENEZZI, C.H.S., TOMASELLI, I.: Contact thermal post-treatment of oriented strandboard to improve dimensional stability: A preliminary study. Holz als Roh- und Werkstoff., 64(3), 212-217, 2006.
- [3] WAY, D., KAMKE, F.A., SINHA, A.: Influence of specimen size during accelerated weathering of wood-based structural panels. Wood Material Science & Engineering., 1-13, 2018.
- [4] YANG, D.-Q., WAN, H., WANG, X.-M., LIU, Z.-M.: Use of fungal metabolites to protect wood-based panels against mould infection. BioControl., 52(3), 427-436, 2007.
- [5] SMITH, W.R., WU, Q.: Durability improvement for structural wood composites through chemical treatments: Current state of the art. Forest Products Journal., 55(2), 8-17, 2005.
- [6] EVANS, P. D., CULLIS, I.: Effect of sanding and coating with UV-cured finishes on the surface roughness, dimensional stability and fire resistance of oriented strandboard. Holz als Roh- und Werkstoff., 66(3), 191-199, 2008.
- [7] LÖTTER, B.T., EVANS, P.D.: Sprayable hot melt waxes as water repellents for oriented strand board. International Wood Products Journal., 1-9, 2019.
- [8] SCHMID, V., YILDIZ, Ö.: Zum konstruktiven Holzschutz mit hochelastischen Polyurethan-Spritzelastomeren. Bautechnik., 91(1), 15-22, 2014.
- [9] ČSN EN 300. Desky z orientovaných plochých třísek (OSB): Definice, klasifikace a požadavky. Praha: Český normalizační institut, 2006.
- [10] ČSN EN 326-1. Desky ze dřeva - Odběr vzorků, nařezávání a kontrola - Část 1: Odběr vzorků, nařezávání zkušebních těles a vyjádření výsledků zkoušky. Praha: Český normalizační institut, 1997.
- [11] ČSN EN 317. Třískové a vláknité desky: Stanovení bobtnání po uložení ve vodě. Praha: Český normalizační institut, 1995.
- [12] KRATOCHVÍLOVÁ, E., PATLOKA, J., ŠLANHOF, J.: Optimisation of Surface Finishes for Oriented Strand Board in Order to Increase Its Moisture Resistance. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering., 603(3), 2019.
- [13] LI, W., VAN DEN BULCKE, J., DE SCHRYVER, T., VAN ACKER, J.: Investigating water transport in MDF and OSB using a gantry-based X-ray CT scanning system. Wood Science and Technology., 50(6), 1197-1211, 2016.

## Autori:

- Ing. Erika Kratochvílová, Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně
- Ing. Jiří Patloka, Fakulta stavební, Vysoké učení technické v Brně

## Zaradenie článku:

- Odborný

# Dilatácie a škáry v konštrukciách aj v podlahách

## Dilatations and Joints of the Structures (and Floors)



Dilatácie a škáry v konštrukciách azda najvýstižnejšie charakterizuje pojem „nutné zlo“. Navrhujú a realizujú sa preto, aby fyzikálne a mechanické danosti konkrétneho materiálu alebo konštrukcie s ohľadom na podmienky expozície a zaťaženia nespôsobili neželaný stav. Ich návrhu by sa mala venovať náležitá pozornosť pretože zväčša predstavujú alebo vytvárajú slabé miesto konštrukcie. I napriek všeobecnej osвете širšej akademickou obcou v procese vzdelávania budúcich stavebných inžinierov alebo vzdelávania akoukoľvek formou sa význam návrhu a realizácie dilatácií a škár stále javí ako podceňovaný. Domnievame sa, že význam dilatácií a škár si uvedomí každý kto sa aspoň raz stretol s ich poruchami. Cieľom tohto článku nie je jednoznačne definovať kedy a ako navrhovať a zhotovovať dilatácie alebo škáry. Skôr naopak, cieľom je, aby si ako projektant tak aj zhotoviteľ uvedomil všetky aspekty návrhu a realizácie dilatácií i škár a aby k nim v praxi pristupoval zodpovedne, rozvážne, individuálne a aby mal osvojené aspoň základné vedomosti a princípy.

### Kľúčové slová:

Betón, Konštrukcia, Objemové zmeny, Zmrašťovanie, Dilatácie, Škáry, Kontrakčná škára, Dilatačné škáry

Seemingly, the best matching characterization of dilatations and joints is „a necessary evil“. They are designed and executed in order to prevent undesirable state of the structure due

to mechanical characteristics of the materials (or structures) with respect to exposure conditions and applied loads. A special attention should be paid to the design, as they represent (even create) the weak points of the structure. Despite general awareness raised by the academists at the collages or by any mean of education, an importance of the joints' design still seems to be underestimated. We assume that importance of joints' design those of us realize who already faced some related failures. This paper has not an ambition to define/determine when and how to design and execute the joints. The purpose is to make the designers and constructors realize all aspects of the joints' design and get them used to responsible, deliberate and individual approach to the design hand in hand with adopted elementary knowledge and principles standing behind the scene.

### Key words:

Concrete, Structure, Volume changes, Shrinkage, Dilation, Joint, Contraction Joints, Expansion Joints

### Čo sú to dilatácie a škáry v konštrukciách?

Dilatácia je, laicky povedané, pohyb konštrukcie. Tento výraz sa natoľko rozšíril a udomácnil, že sa používa aj pre označenie škár umožňujúcich voľný alebo kvázi voľný pohyb konštrukcie. Tieto škáry by sa vo všeobecnosti mali označovať prívlastkom kompenzačné, no pre zachovanie zaužívanej terminológie im

budeme hovoriť dilatačné škáry. Ostatné škáry sa podľa účelu delia na tzv. kontrakčné a pracovné. Kontrakčné škáry slúžia na umožnenie voľnej alebo kvázi voľnej objemovej zmeny materiálu konštrukcie ktorý má reologické vlastnosti (napr.: betón), a to v dôsledku zmrašťovania. Kontrakčné škáry podľa spôsobu zhotovenia nemusia mať za účel len umožnenie objemovej zmeny. Za istých okolností (často) je ich cieľom determinovať miesto (oblasť) prejavu objemovej zmeny. Pracovné škáry sa zhotovujú z technologických dôvodov. Ich zhotovenie je prakticky vždy nežiadúce pretože predstavujú určitú diskontinuitu v monolitickom materiáli. K ich návrhu resp. zhotoveniu sa pristupuje vtedy ak zhotoviteľ konštrukcie nie je schopný spracovať požadované množstvá materiálu s reologickými vlastnosťami tak, aby nedošlo k jeho tuhnutiu skôr ako je to žiadúce. Zhotoviteľ ich zhotovuje aj v miestach, kde je to dané z objektívnych technologických príčin ako napríklad v styku horizontálnych a zvislých monolitických konštrukcií.

### Prečo a ako dilatovať alebo prerušovať konštrukcie?

Odpovedí, ako to už býva, je viacero. Odvíjajú sa od typu konštrukcie a prevádzky s ktorými súvisia aplikované zaťaženia, od spôsobu resp. technológie zhotovenia konštrukcie ako aj od vlastností samotného materiálu.

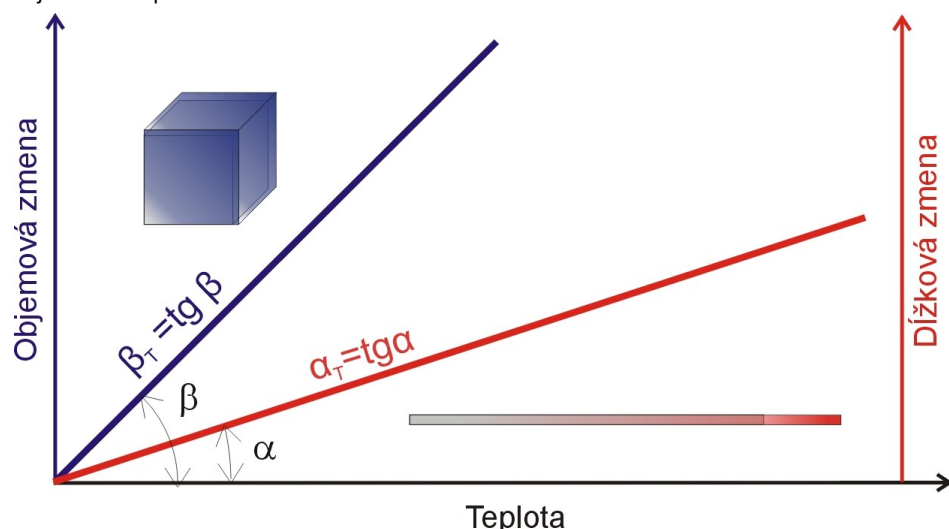
Stručne sme označili a popísali tri druhy škár, ktorých funkciu v konštrukcii ďalej objasníme.



Obr. 2: Dilatačná škára v zvislej konštrukcii

## Dilatačné škáry

Ich úlohou je kompenzovať pohyby dvoch alebo viacerých priľahlých konštrukcií. Z hľadiska zamerania tohto článku sú podstatné konštrukčné dilatačné škáry. V konštrukcii dochádza ku rôznym objemovým zmenám. Objemové zmeny sa realizujú prostredníctvom zmeny vonkajších rozmerov (dĺžkové zmeny). Ak teda konštrukcia má charakteristický tvar plošný (podlaha) alebo líniový, je zrejmé, že v smere hlavných rozmerov bude dochádzať k najväčším absolútnym dĺžkovým zmenám. V týchto smeroch je potrebné umožniť voľnú dĺžkovú rozťažnosť konštrukcie preto, aby do nej neboli vnášané vynútené napätia, ktoré by sa mohli prejavovať vznikom trhlin (lokálny ťah) alebo drvením (lokálny tlak). Dĺžkové zmeny konštrukcie môžu byť spôsobené teplotnou rozťažnosťou materiálu alebo vlhkovou rozťažnosťou materiálu – obe vyjadrené prostredníctvom príslušného súčiniteľa rozťažnosti. V zásade platí priama úmernosť medzi objemovou hmotnosťou a súčiniteľom teplotnej rozťažnosti materiálu. V prípade vlhkovstnej rozťažnosti je trend opačný. Súčiniteľ vlhkovstnej rozťažnosti rastie s klesajúcou objemovou hmotnosťou (rastúcou pórovitosťou). Zväčšený objem pórov je obvykle schopný prijať väčšie množstvo vody, ktorá po saturácii pórov spôsobí uvoľnenie vnútorných kapilárnych ťahových napätí a dôjde k tzv. napučianiu.



Obr. 3: Schematická objemová a dĺžková teplotná rozťažnosť

Teplotná rozťažnosť je základná fyzikálna charakteristika všetkých látok (všetkých skupenstiev). Z hľadiska objemových zmien stavebných materiálov má zmysel zaoberať sa len tuhou fázou. Molekuly sú viazané v kryštalickej sústave, kde (pri teplote nad 0K) kmitajú okolo určitých rovnovážnych polôh (uzlov). Treba si uvedomiť, že molekuly kmitajú okolo

uzlov daných ich energeticky najvýhodnejšou vzdialenosťou v sústave. Keď dôjde ku prijatiu tepla, táto energia sa pretransformuje do kinetickej zložky vnútornej energie a nutne dôjde ku zväčšeniu amplitúd kmitania molekúl. Ak sa energia sústavy zmení dodaním tepla sústava sa snaží zaujať novú rovnovážnu polohu, a to zväčšením vzdialeností medzi uzlami, čo sa navonok prejaví ako zmena objemu resp. dominantného rozmeru prvku z tuhej látky a zvýšenie teploty.

$$(m^3) \quad (1)$$

$$V = V_0 \cdot (1 + \beta_T \cdot \Delta T)$$

V	výsledný objem (m <sup>3</sup> )
V <sub>0</sub>	pôvodný objem (m <sup>3</sup> )
ΔV	objemová zmena (m <sup>3</sup> )
ΔT	zmena teploty (K)
β <sub>T</sub>	súčiniteľ objemovej teplotnej rozťažnosti (K <sup>-1</sup> )
α <sub>T</sub>	súčiniteľ dĺžkovej teplotnej rozťažnosti cca 1/3 β <sub>T</sub> (K <sup>-1</sup> )

$$l = l_0 \cdot (1 + \alpha_T \cdot \Delta T) \quad (m) \quad (2)$$

$$\Delta l = l_0 \cdot \alpha_T \cdot \Delta T \quad (m) \quad (3)$$

Obdobné vzťahy platia aj pre vlhkovú rozťažnosť. Rozdielnym parametrom je vlhkovstný súčiniteľ dĺžkovej rozťažnosti α<sub>w</sub> a zmena vlhkosti ΔM nahrádzajúca zmenu teploty.

zmeny individuálne každého skladobného prvku. Celkový rozmer dilatačného poľa konštrukcie je potom možné zväčšiť a naopak rozmery dilatačnej škáry zmenšiť. Pri návrhu dilatačnej škáry kompenzujúcej teplotné objemové zmeny je nevyhnutné zohľadniť aj návrhovú teplotu realizácie. Je rozdiel, či sa dilatačná škára povedzme hr. 5 mm zhotovuje pri teplote okolo 0 °C alebo pri teplote napríklad 30 °C. V prvom prípade sa v letnom období môže stať, že dilatačná škára sa úplne uzavrie a nebude fungovať. V druhom prípade sa môže stať, že v zimnom období sa škára v exteriéri pri teplote napr. -10 °C príliš otvorí. Pokiaľ ide o kompenzáciu objemových zmien vyvolaných zmenou vlhkosti materiálu, jedná sa hlavne o pórobetónové konštrukcie. Vlhkovstný súčiniteľ dĺžkovej rozťažnosti α<sub>w</sub> sa pohybuje v intervale 0,7.10<sup>-5</sup> – 1,1.10<sup>-5</sup> [1].

Pojmom dilatačná škára sa označuje aj tzv. obvodová kompenzačná škára horizontálnych konštrukcií, napríklad podláh. Zhotovuje sa z dôvodu kompenzácie objemových zmien horizontálnej konštrukcie z dôvodu teplotnej rozťažnosti. Význam správneho návrhu a zhotovenia nielen obvodovej dilatačnej škáry ale aj škár v ploche konštrukcie významne narastá s predpokladanou teplotou prevádzky. Pod teplotou prevádzky sa chápe napríklad prítomnosť podlahového vykurovania. Teplota prevádzky môže výrazne ovplyvniť potrebu dilatačných škár aj vtedy keď v podlahe nie je zabudované podlahové kúrenie. Exemplárnym príkladom môže byť podlaha v hale hutníckej výroby kde sa tesne nad povrchom podlahy nachádzajú zdroje silného tepelného žiarenia (tzv. ingoty). Ak zvažujeme ešte jeden dôležitý faktor – vibrácie v budovách, obzvlášť vo výrobných prevádzkach, potrebu dilatačných škár v podlahách ešte viac zvýrazníme. Oddelením zdroja vibrácií od horizontálnej konštrukcie obvodovou dilatačnou škárou a prostredníctvom jej vhodnej výplne sa eliminuje prenos vibrácií do konštrukcie.



Obr. 4: Obvodová dilatácia podlahy v mieste stĺpa

Pri návrhu dilatačných škár kompenzujúcich objemové zmeny materiálu konštrukcie je preto nutné poznať materiálové charakteristiky, mechanické vlastnosti, rozsah zaťaženia pôsobiacimi činiteľmi (teplotný a vlhkovstný gradient) a technológiu zhotovenia konštrukcie. Pod technológiou zhotovenia sa rozumie či konštrukcia bude monolitická alebo nejakým spôsobom skladaná z menších prvkov. Skladané (napríklad zámková betónová dlažba) konštrukcie sú dilatované prakticky v každej styčnej škáre a umožňujú objemové

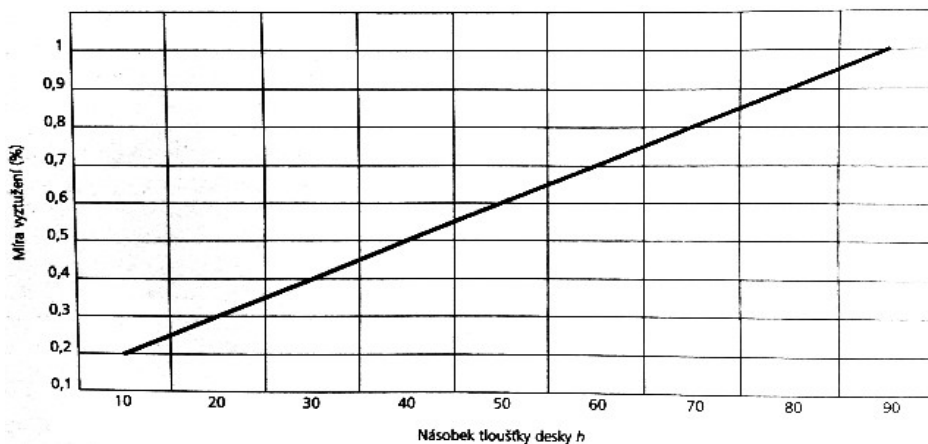
## Kontrakčné škáry

Navrhujú a zhotovujú sa na eliminovanie prejavov reologických objemových zmien materiálov na báze hydraulických spojív. V bežnej stavebnej praxi je najrozšírenejším príkladom použitia betón, prípadne iné cementové kompozity. V týchto materiáloch, súbežne s prebiehajúcou hydratáciou, dochádza k objemovým zmenám na úrovni mikro aj makroštruktúry známym pod súhrnným názvom zmršťovanie. Tento všeobecný pojem „zmršťovanie“ zahŕňa viacero mechanizmov zmršťovania, ktoré sa líšia obdobím výskytu z hľadiska veku betónu aj účinkom na výslednú merateľnú objemovú (dĺžkovú) zmenu. Ak ale nebudeme zachádzať do teórie zmršťovania a zostaneme pri povrchnom a relatívne široko osvojenom pojme zmršťovanie ako také, potom jeho prejavy eliminujeme dvomi spôsobmi. Spomínané spôsoby sú špecifické ako technológiou zhotovenia, tak i časom kedy sa majú aplikovať. Kontrakčné škáry sú špecifické aj tým, že sa realizujú prevažne pre podlahy.

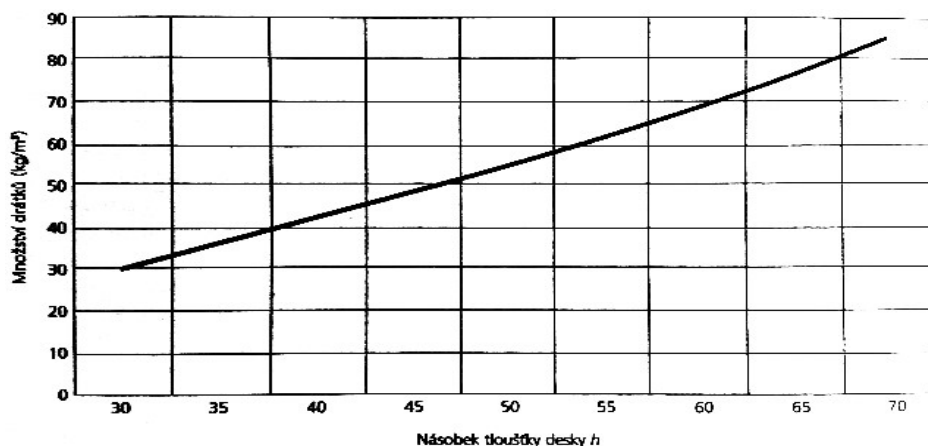
Kontrakčné škáry sa zhotovujú podľa príslušnej projektovej dokumentácie. Táto ich parametre a rozmiestnenie definuje výkresom (tzv. škárorezom) spracovaným na základe výpočtov zohľadňujúcich zloženie betónu, súčiniteľ teplotnej rozťažnosti, spôsob a hustotu vystuženia, koeficient trenia podkladu a okrajové podmienky betonáže resp. ošetrovania. Vo všeobecnosti možno vychádzať z týchto zásad. 1) Betón s nižšou absolútnou hodnotou zmrštenia vyžaduje menej kontrakčných škár resp. rovnaké množstvo, no s menšou šírkou. 2) S rastúcim stupňom vystuženia betónu klesá potrebná hustota zhotovenia kontrakčných škár alebo ich šírka. 3) S rastúcim koeficientom trenia podkladu rastie potrebná hustota kontrakčných škár a klesá ich potrebná šírka. 4) Obdobne (pri konštantnom koeficiente trenia podkladu) pôsobí aj premenlivá hrúbka betónovej konštrukcie. S rastúcou hrúbkou klesá potrebná hustota kontrakčných škár. 5) S rastúcou teplotou počas betonáže resp. ošetrovania klesá potrebná šírka škár pri určitej hustote škár.

Hustota, resp. vzdialenosť kontrakčných škár sa zvyčajne udáva v násobkoch hrúbky dosky, ako to prezentuje aj obr. 5 a obr. 6.

Prvý spôsob je vytváranie kontrakčných škár vopred. Ak pristupujeme k tomuto spôsobu zhotovenia, potom sa pred betonážou musí požadovaná plocha rozdeliť (debnením) na jednotlivé úseky betonáže.

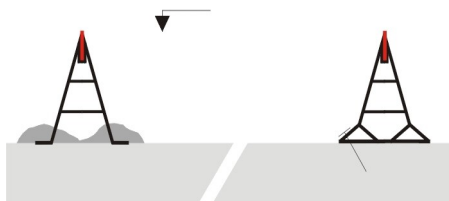


Obr. 5: Vzdialenosť kontrakčných škár ako funkcia stupňa vystuženia [4]



Obr. 6: Vzdialenosť kontrakčných škár ako funkcia dávky ocelových vlákien [4]

Tieto úseky sa následne betónujú v dvoch etapách. Rozdelenie si môžeme predstaviť ako šachovnicové. Ak by sa po prvej etape debnenie odstránilo a v rámci druhej etapy by sa zabetoňovala celá zvyšná plocha, potom by sa mohli obmedziť prejavy zmršťovania približne o polovicu (v závislosti od oddialenia začiatku druhej etapy betonáže). Ak ale debnenie zostáva na svojom mieste aj počas druhej etapy betonáže potom sú výsledkom dokonale oddelené kryhy betónovej dosky (závisí to od návrhu spojovacej výstuže). Výhodou tejto metódy je aj fakt, že pri správnom návrhu veľkosti kontrakčných polí nevznikajú kontrakčné zmršťovacie trhliny, nie je potrebné dodatočné (časovo náročné) vytváranie kontrakčných škár a debnenie sa môže využiť na úpravu povrchu konštrukcie (obr. 7).



Obr. 7: Stratené debnenie s vodiacími lištami

Druhý spôsob reprezentuje dodatočné vytváranie rezaných kontrakčných škár. Pri tejto

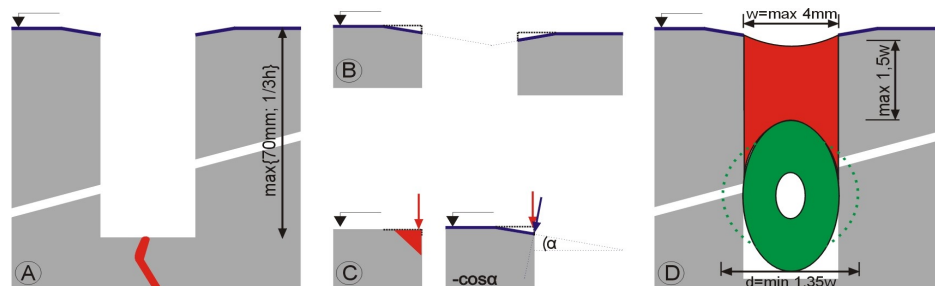
technológii sa vytvárajú lokálne oslabené miesta v konštrukcii predurčené ku vzniku kontrakčnej zmršťovacej trhliny práve v nich (obr. 8). Rezané kontrakčné škáry sa zhotovujú rezaním mladého betónu/poteru diamantovým kotúčom chladeným vodou. Rez podľa projektovaného škárorezu sa musí vykonať v optimálnej dobe veku betónu. Presné určenie tejto doby je náročné a závisí od zloženia betónu a konkrétnych podmienok na stavenisku. V princípe by však konštrukcia mala byť pochôdzna a rezy by sa mali vykonať pred prudkým poklesom intenzity hydratácie, ktorý znamená synergický efekt zmršťovania a teplotnej kontrakcie konštrukcie v dôsledku jej chladnutia (obr. 9). Odborná literatúra, (napr. [4]) uvádza približný čas okolo 10 hodín. Pre zhotovenie rezanej kontrakčnej škáry platia aj iné všeobecné zásady. Šírka škáry je determinovaná hrúbkou rezacieho kotúča (max. 4 mm). Hrany musia byť priame. Minimálna požadovaná hĺbka rezu škáry sa volí ako väčšia z hodnôt 70 mm alebo 1/3 hrúbky konštrukcie (obr. 11a). Táto podmienka platí pri priemyselných podlahách. V občianskej výstavbe postačuje kritérium 1/3 hrúbky. Pri zhotovení škáry takýchto rozmerov sa prierez konštrukcie považuje za dostatočne oslabený na to, aby sa kontrakčná trhlina v konštrukcii vytvorila od dna škáry smerom nadol.

Táto metóda má však i ďalšie svoje úskalia. Napríklad, škára musí byť po rezaní dôsledne vypláchnutá od zvyškov kalu vznikajúceho počas rezania. Obsiahnutý cement by v škáre mohol pokračovať v hydratácii a lokálne tak škáru vyplniť. Toto miesto by v budúcnosti mohlo byť zdrojom porúch drvenia betónu. Pre návrh a zhotovenie kontrakčných škár však platia aj určité zaužívané, empiricky stanovené zásady. Venujú sa pomerom strán kontrakčných celkov a uhlov zovretých kontrakčnými škárami vo vystužených a nevystužených betónových doskách (obr. 10).

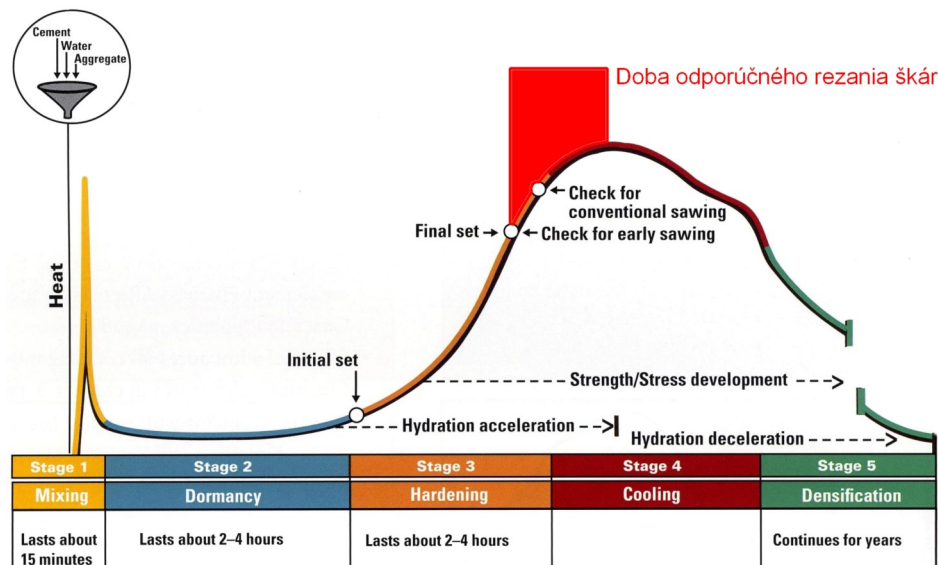


Obr. 8: Kontrakčná rezaná škára a vzniknutá trhlina

Zhotovenie kontrakčných i dilatačných škár však týmto nekončí. Škára je potrebné chrániť (najmä) proti vnikaniu vody (obr. 11 d). Vzhľadom na to, že škáry majú umožňovať voľný pohyb príslušných konštrukcií, musia byť vyplnené pružným materiálom s veľmi nízkym modulom pružnosti. V závislosti od agresivnosti prostredia a prípadnej expozícii UV žiareniu sú na výplňový materiál kladené požiadavky trvanlivosti resp. na spôsob údržby a intervaly obnovy. Podľa intenzity dopravného zaťaženia je vhodné upraviť aj hrany škár, a to zošíkmením.



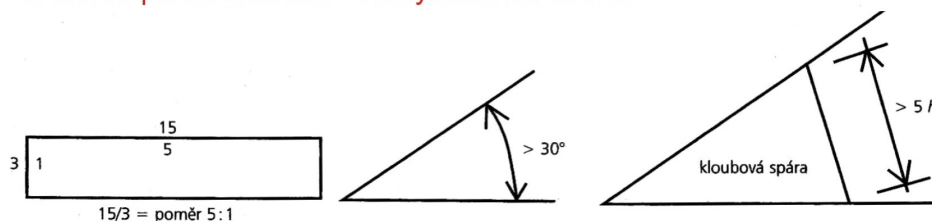
Obr. 11: Úprava a výplň rezanej škáry (A – úprava zbrúsením hrán; B – pokles platní pri zaťažení a vytvorenie nábehu; C – zníženie šmykového zaťaženia hrany; D – zásady výplne škáry)



Obr. 9: Vhodná doba pre rezanie škár [5]



Delenie plôch škárami - Nevystužená doska



Delenie plôch škárami - Vystužená doska

Obr. 10: Zásady delenia plôch kontrakčnými škárami [4]

Takýmto spôsobom sa znížia lokálne šmykové napätia a obmedzí sa odlamovanie hrán (obr. 11c). Zošíkmením možno docieľiť aj plynulejší prechod dopravných prostriedkov z jedného kontrakčného celku na druhý (obr. 11b).

### Pracovné škáry

Pracovná škára je umelo a zámerne vytvorená diskontinuita v betónovej konštrukcii za účelom prerušenia betónáže z akýchkoľvek dôvodov alebo za účelom rozdelenia konštrukcie

na útvary realizovateľné zvolenou technológiou. Typickým príkladom pracovnej škáry je napojenie stien na horizontálne nosné konštrukcie. Každá pracovná škára so sebou obnáša riziko vzniku porúch v budúcnosti. Ak sa má týmto poruchám predísť, vyžaduje si to značné náklady na precízne zhotovenie tohto významného a technologicky náročného detailu. Preto prevláda snaha o minimalizovanie množstva resp. dĺžky pracovných škár. Keď nie je inej možnosti ako vytvárať pracovné škáry, je potrebné navrhovať a zhotovovať ich podľa všeobecne platných zásad ak samozrejme nie sú presne špecifikované v projektovej dokumentácii. 1) Snaha o funkčné zlúčenie s dilatačnou škárou objektu. 2) Ak sa zlúči s dilatačnou škárou objektu je potrebné prispôsobiť šírku pracovnej škáry šírke dilatačnej škáry. 3) Snaha o funkčné zlúčenie s niektorou z kontrakčných škár (vzdialenosť pracovných škár by mala byť celočíselným násobkom veľkosti jedného poľa v smere kolmom na pracovnú škáru). 4) Situovanie do miesta s najmenším namáhaním. 5) Ak sa jedná o horizontálnu konštrukciu, tak orientácia v smere predpokladanej premávky. 6) Orientácia kolmo na smer uloženia hlavnej výstuže. 7) Overenie správnosti zhotovenia a očistenie pred betónážou.

Základnou zásadou je, že konštrukcie v mieste pracovnej škáry musí mať aspoň také funkčné vlastnosti ako vo zvyšnej ploche alebo lepšie. Inými slovami, ak napríklad konštrukcia má plniť hydroizolačnú funkciu, tak v mieste pracovnej škáry nesmie byť hydroizolačná schopnosť konštrukcie znížená.

Pre zabezpečenie vodotesnosti sa štandardne pracovné škáry štandardne upravujú pridávaním bentonitových napučiavacích pásov alebo injektážnymi hadičkami. Pomocou nich sa dodatočne injektujú hmotou, ktorá v styku s vodou kryštalizuje a vyplňa (utesňuje) tak betón v okolí pracovných škár.

## Záver

S problémami, vadami až poruchami dilatácií a škár sa v stavebnej praxi stretávame prakticky denne. Hlavný problém je zrejme v podceňovaní významu dilatácií a škár ako takých. I keď sa v projektovej dokumentácii vyskytnú zmienky o dilatáciách alebo škárach, často nie sú podložené výpočtom a len zriedka úplne rešpektujú navrhovanú prevádzku stavby alebo jej objektu. Ak sa náhodou aj objaví

projektová dokumentácia so správnymi vyriešenými dilatáciami a škármi, potom zvykne nastupovať takzvaný a toľkokrát skloňovaný „ľudský faktor“, ktorý svojou ješitnosťou a odvolávaním sa na dlhoročnú prax svojvoľne „vylepší“ navrhnuté riešenie. Je to bežná stavebná prax, ktorá bez fundovanej kontroly, priam až supervízie zameranej na konkrétne špecializované procesy, zákonite musí viesť k vadám, možno i poruchám dotknutých konštrukcií.

## Literatúra:

- [1] Sternová, Z., Briatka, P., Horečný, R.: Technické a technologické podmienky obnovy obvodových plášťov na báze pórobetónu, 08/2010/1010088-Z/VaV-E 01, TSÚS, Bratislava, 2010, p. 38.
- [2] RILEM, Technical Committees 78-MCA and 51-ALC: Autoclaved Aerated Concrete – Properties Testing and Design, E&FN Spon, London, 1993.
- [3] Briatka, P.: Optimalizácia technológie realizácie priemyselných podláh, Dizertačné minimum, STU, Bratislava, 2009, p. 200.

- [4] Svoboda, P., Doležal, J.: Průmyslové podlahy a podlahy v objektech pozemních staveb, Jaga, Bratislava, 2007.
- [5] Wylie, K.: Cold-Weather Concreting, MNRMCAA meeting in Albuquerque, November, 2007.
- [6] Carlsward, J.: Shrinkage cracking of steel fibre reinforced self compacting concrete overlays, Luleå University of Technology, 2006.
- [7] Arnold, R.M.: Floor joint armouring and load transfer for industrial floors – the european floor market, 6th International colloquium Industrial floors '07, held in Stuttgart, 2007.

## Autori:

- Dr. Peter Briatka, MBA., COLAS Slovakia, a.s., Košice
- Ing. Jana Briatková Olšová, Bria Invenia, s.r.o., Bratislava
- prof. Ing. Jozef Gašparík, PhD. Stavebná fakulta STU, Bratislava

## Zaradenie článku:

- Odborný

# Čiastkové zhodnotenie stavebnotechnického stavu NKP - Kaštieľ Malacký, časť. 1

## Partial Evaluation of the Construction - Technical State of the National Cultural Monument - Manor House Malacky, Part. 1

Stav pamiatok na území Slovenskej republiky sa s pribúdajúcim vekom objektov a dlhoročne zanedbanou údržbou, spôsobenou rôznymi faktormi, výrazne zhoršil. To vedie častokrát k úplnej deštrukcii jednotlivých stavebných prvkov a konštrukcií a mnohokrát môžu tieto historické stavby ohrozovať nie len okolie, ale aj negatívne pôsobiť na zdravie osôb, ktoré v týchto objektoch dlhodobo žijú a sú vystavované rôznym plesniam a vlhkosti zapríčinennej nie len nefunkčnou hydroizoláciou. Tieto pamiatky je nutné udržiavať, obnovovať a v niektorých prípadoch dokonca v značnej miere rekonštruovať. Je potrebné pochopiť, že tieto objekty netvoria len akýsi architektonický prvok jednotlivých miest, ale taktiež nesú so sebou aj istú históriu tohto mesta, ba dokonca celého národa. Tento článok sa zameriava z dôvodu značnej rozsiahlosti objektu, len na čiastkové posúdenie národnej kultúrnej pamiatky kaštieľu v Malackách.

### Kľúčové slová:

Faciada, Kaštieľ Malacký, Stavebnotechnický stav, Vlhkosť, Historická konštrukcia, Národná kultúrna pamiatka

The state of monuments on the territory of the Slovak Republic has significantly deteriorated with the increasing age of the buildings and long-term neglected maintenance caused by various factors. This often leads to complete destruction of individual building elements and constructions, and many times these historic buildings may endanger not only the surroundings, but also have a negative impact on the health of people who live in these buildings for a long time. These monuments need to be maintained, restored and in some cases even largely reconstructed. It is necessary to understand that these objects do not only constitute an architectural element of individual cities, but also carry with them a certain history of this city, or even the whole nation. Because of the considerable size of the building this article focuses only on a partial assessment of the national cultural monument of the manor house in Malacky.

### Key words:

Facade, Manor house Malacky, Construction-technical condition, Moisture, Historic construction, National cultural monument

## Introduction

The development of building materials and building technologies has not only significantly influenced the construction of new buildings, but also on the renovation of historic buildings. The technologies used to restore historic structures are often based on original principles, which are very effective in conjunction with modern materials and ensure a significant prolongation of the lifetime of these structures if these interventions have been properly designed and implemented. From this point of view, it is very important to carry out a survey of the historical building, to evaluate the construction-technical condition and to prepare a proposal for suitable restoration, reconstruction or, in case of re-wetting measures.

This report is focused on the partial assessment of failures of selected building elements and structures associated with insufficient and neglected maintenance, abrasion of constructions and failures causing moisture and in some places waterlogging of the facade, where in the first step will be needed the general description of the object,

especially because of ideas of the history of this national cultural monument, which had a significant impact on the current condition of the building and subsequent evaluation of the condition of the exterior facade examined in situ, assessment of the structure moisture according to ČSN P 73 0610 [1] and draft measures which prevent subsequent destruction of the building.

In the following point will be described:

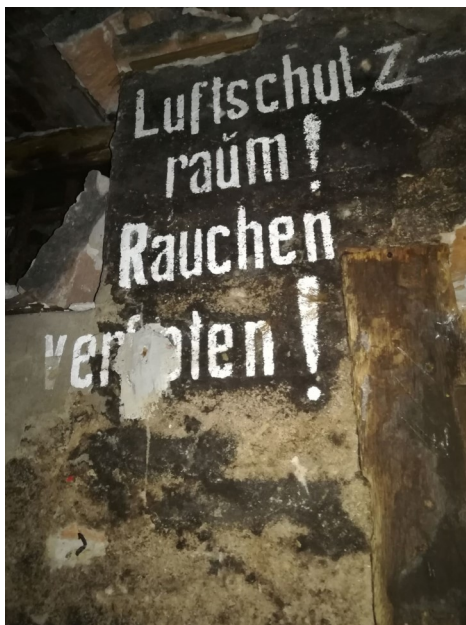
- general description of the object,
- in situ description of the damaged facade survey,
- evaluation of the watering rate,
- draft measures against moisture

### General description and history of the object

The Pálffy mansion was built in the first half of the 17th century in the styles of Classicism and Baroque. The shape of the mansion is of a square character with external dimensions of 65 x 65 m and a building height of 16 m. The manor house is four-winged, with two above-ground floors, an attic and also partly with underground spaces. Of the four wings, the western wing, which is symmetrically arranged, is the most representative. There is a door in the middle on the floor of the western wing, and on both sides there are nine windows. In the center of the building there is a square courtyard lining the inner walls of the individual wings of dimensions 44 x 44 m. During the Baroque period the facade underwent a reconstruction, where the last major reconstruction of the mansion dates to the beginning of the 19th century. This adaptation was in the style of Classicism.

In 1918, after a change in the political organization in our republic, the mansion was inhabited by officers of the Czechoslovak army and later in 1921 the building was taken over by the state. Subsequently, in 1925 the building was returned to the original owner, who, together with the park, handed it over to the Franciscans. During this period the building began to function as a boarding school serving the purposes of the Malacký Grammar School. During World War II, the monastery served as a prison used by the German Gestapo to imprison and mistreat SNP members, as evidenced by various inscriptions on the basement walls, which could also serve as a warehouse (Fig. 1). After the war, the building was used as a barracks unit of the border guard and in 1957 rebuilt into a hospital [2, 3].

All these changes, whether property or construction, have helped to the present dilapidated state of this building. It is evident that the greatest historical decline occurred in the building especially after the construction of the hospital in these premises, which also involved the modification of the original surfaces and thus the destruction of the original plaster, as well as a change in the layout and realization of partition walls and distribution of individual installations.



1 shows the recorded values of the external part of the facade of this object. The air temperature was 11 °C and the air humidity was 60%. It is also worth mentioning that the weather was very sunny, which could have had some influence on the measured humidity values. From the inspection, a partial restoration is evident, especially the reconstruction of the roof and roofing (Fig. 2) brought a significant improvement in the condition of the building, especially in terms of leaking and



Fig. 1: German inscriptions in the basement of the mansion as a remnant of the Gestapo soldiers (author's archive)



Fig. 2: View of the west wing of the mansion (author's archive)

### In situ assessment of the facade

On 17 February 2020 the mansion was inspected in Malacký and they were also in Tab.

damaging not only the facade, just through the damaged roof. The problem remains uninsulated basements, through which rising moisture penetrates into the structure, which is in some places wetted, as evidenced by the records in Tab. 1.

The problem of the facade condition is therefore not only its age degradation, but also other factors acting and directly supporting its destruction. The wetting of these structures also includes incorrect and largely neglected maintenance of some elements. Especially in terms of roof structure replacement, it is at least irresponsible to neglect the maintenance of rainwater downpipes. For many years this fact has helped to damage the façade around the downpipes, as shown in Fig. 3. As the literature [4] states, the best way to prevent damage is the prevention and regular maintenance of individual structural elements of historical objects. In this way, the cost of recovering damaged elements can be significantly saved, which in most cases represents a considerable amount of money. However, if a fault occurs, or if the structure is damaged, it is necessary to find out the reason of the damage and first remove the cause by the first intervention and consequently the consequence of this failure otherwise the damage will reappear after some time.



Fig. 3: Damaged corners of the mansion as a result of the original damaged rainwater downpipes (author's archive)

After the visual inspection, it was possible to conclude that this recommendation was only partially followed. The downpipes were replaced (see Fig. 3) and therefore the structure in their vicinity should be protected, but a new problem can be classified in two cases. The first is the largely neglected maintenance of the downpipes (Fig. 4), which, despite the replacement of the downpipes, helps to re-destroy and wet the facade. The second problem is the incorrect termination of these downpipes not only from the outside, but especially from the courtyard, where these downpipes are situated close to the object and therefore the trapped water is concentra-

ted with the help of these downpipes in close proximity to the foundations. This helps to degrade individual elements and reduce their service life.



Fig. 4: Neglected Rainwater Maintenance (author's archive)

Tab. 1: Results of moisture measurements on the facade of the manor house in Malacky					
Places of measurement	Measuring height from floor [cm]	Mass moisture [%]	Measuring height from floor [cm]	Mass moisture [%]	Note
	Date	17.2.'20	Date	17.2.'20	
M1	30	10,4	150	11,2	Facade
M2	30	14,4	150	8,5	Facade
M3	30	13,1	150	11,0	Facade
M8	30	7,0	150	3,1	Facade
M11	30	6,0	150	1,8	Facade
M13	30	7,3	150	4,7	Facade
M14	30	6,0	150	3,5	Facade
M19	30	8,0	150	0,8	Facade
M21	30	5,7	150	6,5	Facade
M22	30	11,9	150	16,3	Facade
M23	30	8,9	150	2,5	Facade
M24	30	9,2	150	4,9	Facade

It is clear from the table that the moisture increases and affects mainly the sodium part of the structure and also a considerable part of the masonry above the terrain. At a height of approx. 150 cm, a significant decrease in humidity can be observed with occasional deviations and significantly higher humidity in some places, which is difficult to determine on the basis of observations only, but other values show decreasing moisture upwards of the structure. This phenomenon can be assessed as positive, but there is a need to address the moisture in question, which could eventually grow into higher parts of the structure and hit a significantly higher part of the masonry.

## Measures against moisture

When designing measures to combat moisture, in this case mainly caused by capillary capillarity, we took a look at the monument and its surroundings, the results measured on 17 February 2020, but also long-term measurements of humidity not only exterior but also interior, which are part of this article.

These measures can be divided into several individual interventions, the importance of which will be described below.

As a primary technology preventing the capillary rising of moisture and its subsequent crystallization and destruction of masonry is suitable to design undercutting technology. This technology may seem radical and, from the point of view of the Regional Monuments Board, as well as the Venice Charter [5] and the Authenticity Document [6], considerably inappropriate as the technology in question undermines the original integrity, but essential to preserve the monument.

The construction shows high humidity in certain places according to the tables ČSN P73 0610 [1] (Tab. 2), in some places even waterlogging. This technology was also designed for the surveyed building in the past, but it has not been implemented so far, especially in terms of financial demands.

Tab. 2: Degree of moisture of structures [1]		
	Degree of humidity	Moisture (μm) [%]
1	Very low moisture	< 3,0
2	Low moisture	3,0 - 5,0
3	Increased moisture	5,0 - 7,5
4	High moisture	7,5 - 10
5	Very high moisture (to waterlogging)	> 10

In the case of secondary technology, the restoration render is applied to the masonry from the interior and exterior. This step will only take place after the undercutting technology has been used and should help to remove moisture from the structure, extend its lifetime and also improve the visual appearance of the mansion.

The next step, unrelated to previous technologies, is to restore the functionality of the downpipes, whose maintenance, as mentioned above, was clearly neglected.

The last measure to eliminate a certain degree of dampness could be to restore and open the vents, which apparently have provided airflow around the walls, which may help to evaporate moisture from these structures.

These steps can be considered as remediation interventions that will help to stop the structure from getting wet.

## Conclusion

It is anticipated that the recommendations and partial conclusions of this article will help

to restore the NNC mansion in Malacky. From the values given in Tab. 1 it is clear that the moisture of the structure is a significant problem and it is necessary to solve it from the viewpoint of preservation of the monument. In particular, the proposed technology of undercutting and insertion of an additional insulating layer as well as the other complementary technologies described in the article should serve this purpose. This research is only partial and many other studies are needed to assess the complex condition of the building. The following research will focus on other structures and their assessment and also in the case of the implementation of the proposed undercutting technology will monitor the efficiency and percentage reduction of the walls of the building. It is also planned to operate the air circulation vents, which will lead to further research to monitor the watering of the structure before and after the intervention.

## Acknowledgement

This publication (textbook, contribution) was created as a research work for the project VEGA no. 1/0511/19.

## References:

- [1] ČSN P 73 0610: Hydroizolace staveb, Sanace vlhkého zdiva, Základní.
- [2] <https://www.malacky.sk/index.php?page=navstevnik&menuid=300> (28.2.2020)
- [3] [http://malackepohlady.sk/?page\\_id=9910](http://malackepohlady.sk/?page_id=9910) (28.2.2020)
- [4] Makýš, O.: Technológia obnovy budov, Ochrana a oprava spodných a obalových konštrukcií. Bratislava: SPEKTRUM STU 2018, s. 260. ISBN 978-80-227-4848-3
- [5] Medzinárodná charta o ochrane a obnove pamiatok a pamiatkových sídiel, prijatá na II. medzinárodnom kongrese architektov a technikov historických pamiatok, Benátky 31. mája 1964
- [6] Dokument o autenticite, Nara 1994
- [7] Witzany, J.: Konstrukce pozemních staveb. Poruchy a rekonstrukce staveb. 2. díl. Praha: ČVUT, 1995. ISBN 80-01-01310-3.

## Autori:

- Ing. Patrik Šťastný, Slovak University of Technology in Bratislava
- Assoc. Prof. Oto Makýš, PhD., Slovak University of Technology in Bratislava

## Zaradenie článku:

- Odborný



Detekčná elektricky vodivá vrstva pre testovanie tesnosti striech iskrovou skúškou HVET

**CONTROFOIL**  
by EPISS



# Vplyv geometrie železobetónového venca na vnútorné povrchové teploty

## Geometry Influence of Reinforced Concrete Wreath on Internal Surface Temperatures

Konštrukcie pre budovy s takmer nulovou potrebou energie musia spĺňať požiadavky v zmysle STN 73 0540 – 2 2012 + Z1 + Z2. Okrem návrhu jednotlivých fragmentov je potrebné vyriešiť aj technické riešenie jednotlivých kritických detailov. Jeden z takýchto kritických detailov je detail uloženia väzníkovej konštrukcie na železobetónový veniec. Nakoľko takéto technické riešenie je rozšírené v praxi je preto potrebné poznať aký má takýto detail vplyv na hygienické kritérium povrchových teplôt. Dôležitým faktorom je samotná geometria železobetónového venca a použitie tepelnej izolácie do konštrukcie podhľadu.

### Kľúčové slová:

Vnútorná povrchová teplota, Tepelné mosty, Budova s takmer nulovou potrebou energie, Detaily uloženia väzníka na železobetónový veniec

This means that all new buildings will demonstrate very high energy performance and their reduced or very low energy needs will be significantly covered by renewable energy sources. The proposed buildings have increased requirements for thermal protection. The heat losses are greatly reduced through the building envelope.

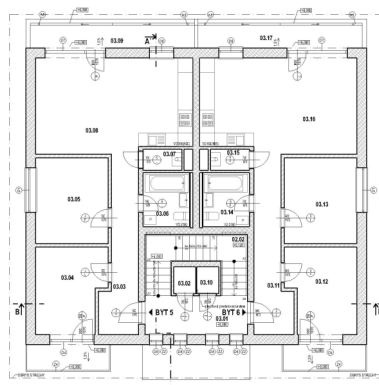


Fig. 1 Floor plan of the analysed family house

Significant heat losses of a building are heat losses caused by individual thermal bridges [1]. When designing nearly zero energy buildings, it is necessary to eliminate all thermal bridges in the project. In this paper, we focus on the influence of the geometry of the reinforced concrete wreath and the insulation of the ceiling structure in the structure of the ceiling on the internal surface temperature.

### Description of the analysed building

A family house was selected for the analysis of the internal temperature (Fig. 1,2).

The basic concept for the building envelope was also used materials that meet the thermal technical point of view the recommended target values set out in the standard STN 73 0540-2: 2012 + Z1 + Z2 [2]. The total envelope of the family house (Fig. 1)

Structures for nearly zero energy buildings must meet the requirements in accordance with STN 73 0540 - 2 2012 + Z1 + Z2. In addition to the design of individual fragments, it is necessary to solve the technical solution of individual critical details. One such critical detail is the detail of placing the truss structure on a reinforced concrete wreath. As such a technical solution is widespread in practice, it is therefore necessary to know how such a detail affects the hygienic criterion of surface temperatures. An important factor is the geometry of the reinforced concrete wreath and the use of thermal insulation in the construction of the ceiling.

### Key words:

Internal surface temperature, Thermal bridges, Nearly zero energy buildings, details of placing a truss on a reinforced concrete wreath

### Introduction

The recast Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) stipulates that all new buildings built within the European Union after 2020 should reach almost zero energy levels.

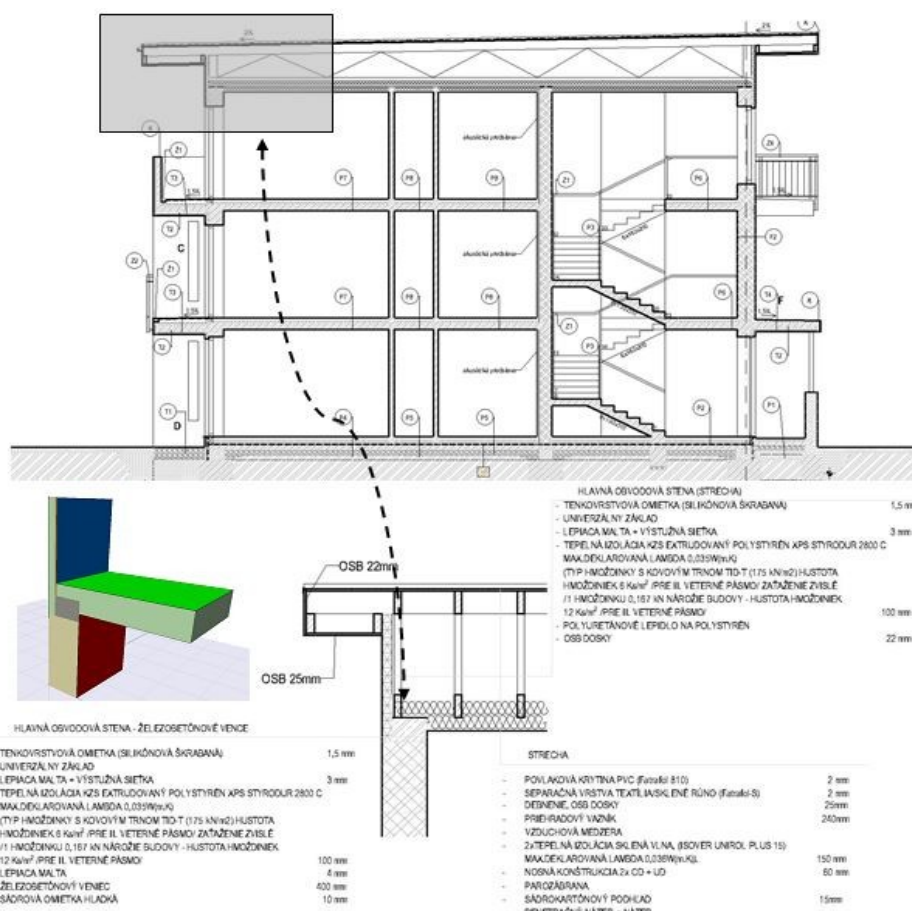


Fig. 2 Shows a detail analysed a house

is made up of perimeter walls, a ceiling under the attic, opening structures and a floor on the ground.

### Theoretical analysis of critical detail

The following figure shows the analysed critical detail of a reinforced concrete wreath (Fig. 3). The masonry of the perimeter wall is made of aerated concrete blocks YTONG, hr. = 450mm, without additional insulation. The ceiling under the attic is made of two layers of thermal insulation based on mineral wool. Both layers have a thickness of 150 mm, so the total thickness of the ceiling insulation under the unheated attic space is 300 mm. For the given analysis, the height of the reinforced concrete wreath and the position of the thermal insulation of the ceiling structure changed. The exact description of individual variants is shown in the following table no. 1. We used the 2D method of surface temperature for the analysis of the thermal bridge.

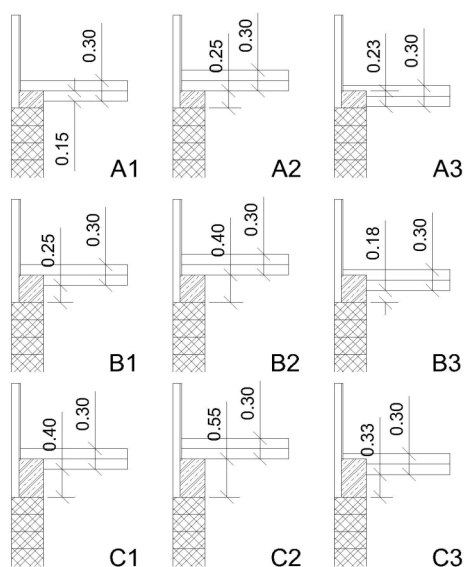


Fig. 3 Schematic representation of individual models

We used the Psi-Therm program [2]. The

boundary conditions according to STN 73 0540-2 [2] were taken into the account in the calculation. The following figure shows the individual critical details and their temperature course.

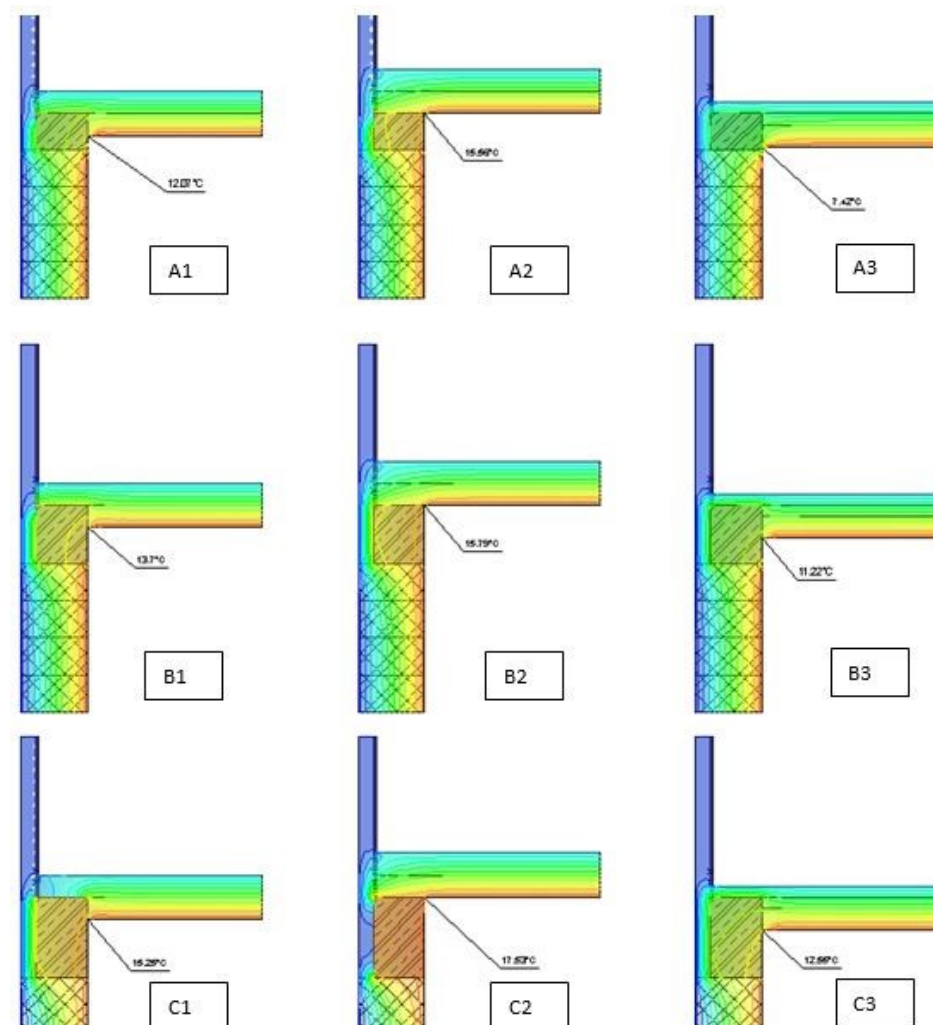


Fig. 4 Shows of 2D temperature profile for variants – A1, A2, A3, B1, B2, B3, C1, C2, C3

In table no. 1 shows the resulting surface temperatures for different positions of the insulation of the ceiling structure and different positions of the location of the thermal insulation of the ceiling structure. In model-

ling and calculation, we considered the declared thermal conductivities of individual commercial materials. Normalized boundary conditions were used in the calculation of the 2D surface temperature field (Indoor air tem-

perature: 20 °C and outdoor air temperature - 11 °C, attic space temperature: -5 °C).

Tab. 1: Description of individual variants and assessment of internal surface temperature in accordance with STN 73 0540-2 + Z1 + Z2						
Variant	Height of reinforced concrete wreath in mm	Insulation thickness above the wreath in mm	Insulation thickness under the wreath in mm	Results of calculated surface temperatures		
				Calculated surface temperature $\theta_{si}$	Normalized surface temperature $\theta_{si,N}$	Assessment
A1	250	150	150	12,07	13,1	No
A2	250	300	0	15,56	13,1	Yes
A3	250	75	225	7,42	13,1	No
A4	250	150	150	8,48	13,1	No
A5	250	150	230	7,96	13,1	No
B1	400	150	250	13,7	13,1	Yes
B2	400	300	0	15,79	13,1	Yes
B3	400	75	225	11,22	13,1	No
C1	550	150	150	15,25	13,1	Yes
C2	550	300	0	17,53	13,1	Yes
C3	550	75	225	12,55	13,1	No

It should also be noted that the fragment of the ceiling under the attic meets the current thermal engineering requirements (Table 2).

nal surface temperature. This phenomenon commonly occurs in such houses, as the investor wants to apply one layer to the posi-

Tab. 2: Description of the composition of the ceiling under the attic

č.	Name of the material	dm	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )	$\lambda$ W/(m.K)	$c_p$ /(kg.K)	$\mu$
1	Gypsum	0.0125	750	0,22	1060	9
2	Vapor barrier	0.002	980	0,35	1470	10000000
3	Mineral wool	0.3	100	0,040	840	1.2
			Calculated value	Normalized value	Unit	Assessment
Thermal resistance of the structure		R:	7.56	6.5	m <sup>2</sup> K/W	Yes
Heat transfer resistance		Ro:	7.7		m <sup>2</sup> K/W	
Heat transfer coefficient		U:	0.13	0.15	W/m <sup>2</sup> K	Yes

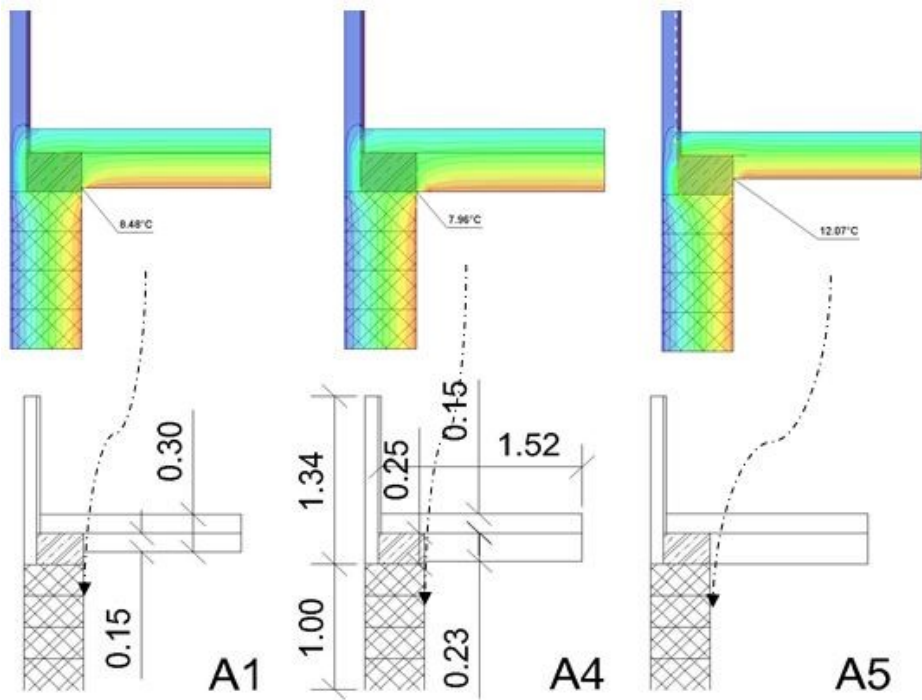


Fig. 5: Surface temperatures Variant A1, A4, A5

Results and discussion

As can be seen from picture no. 5 the most ideal thermal insulation of a given critical detail in terms of the increase of the internal surface temperature is the thermal insulation of the entire thickness of the ceiling thermal insulation above the reinforced concrete wreath (Variant - A2, B2, C2). If we used part of the insulation in the construction of the ceiling in variant A, then with such a construction solution we would reduce the inter-

tion of the lower strip of the truss and the other layer of thermal insulation to the ceiling structure. But such a solution prevents the crown structure from overheating and thus reduces the surface temperature in critical detail. As can be seen from Table no. 1, the height of the wreath also has a significant effect on the surface temperature. If the height of the wreath increases, so does the surface temperature. This is mainly because increasing the height of the wreath increases the inner area of the wreath and may lead to increased overheating of the wreath structure itself.

Conclusion

It is clear from the previous figures that the internal surface temperature for the analysed detail is in some cases lower than the critical surface temperature. In the case of such a detail geometry but also in the geometry of a given detail using ETICS, such a phenomenon manifests itself. The main contribution to the reduction of the surface temperature is the incorrect thickness and position of the thermal insulation of the ceiling structure at the very geometry of the reinforced concrete wreath. With a wreath height of up to 250 mm. I recommend thermal insulation 200 mm above the wreath and max hr. 100mm below the upper edge of the wreath.

Acknowledgement:

This research was supported by the research project VEGA no. 1/0680/20 Slovak Technical University.

References:

[1] STN EN ISO 10211, Thermal bridges in building construction. Heat flows and surface temperatures. Detailed calculations.  
[2] Psi-Therm 2D Features – 2-dimensional quasi-stationary temperature distribution (2018 PSI-THERM).  
[3] STN 73 0540-2 + Z1 + Z2, Thermal protection of buildings. Thermal performance of buildings and components. Part 2: Functional requirements.

Authori:

■ Doc. Ing. Rastislav Ingeli, PhD., Faculty of Civil Engineering STU in Bratislava

Zaradenie článku:

■ Odborný



# Analýza vplyvu predsadených oceľových balkónov na vnútorné povrchové teploty

## The Effect Analysis of Additional Overhanging Loggias on Internal Surface Temperatures

Konštrukcie pre budovy s takmer nulovou potrebou energie musia spĺňať požiadavky v zmysle STN 73 0540 – 2 2012 + Z1 + Z2. Okrem návrhu jednotlivých fragmentov je potrebné vyriešiť aj technické riešenie jednotlivých kritických detailov. Nie len novostavby, ale aj obnovované budovy musia splniť tieto požiadavky ak je to technicky uskutočniteľné. Jeden z takýchto kritických detailov pri obnove bytových domov je detail kotvenia predsadených oceľových loggií. Nakoľko takéto technické riešenie je rozšírené v praxi je preto potrebné poznať, aký má takýto detail vplyv na hygienické kritérium povrchových teplôt. Dôležitým faktorom je samotná geometria predsadenej konštrukcie a jej spôsob kotvenia.

### Kľúčové slová:

Vnútorná povrchová teplota, Tepelné mosty, Budova s takmer nulovou potrebou energie, Detaily kotvenia predsadenej konštrukcie loggie

Structures for nearly zero energy buildings must meet the requirements in accordance with STN 73 0540 - 2 2012 + Z1 + Z2. In addition to the design of individual fragments, it is necessary to solve the technical solution of individual critical details. Not only new buildings but also renovated buildings must meet these requirements if it is technically feasible. One of such critical details in the renovation of residential buildings is the detail of anchoring overhanging steel loggias.

As such a technical solution is widespread in practice, it is therefore necessary to know how such a detail affects the hygienic criterion of surface temperatures. An important factor is the geometry of the overhanging structure and its method of anchoring.

### Key words:

Internal surface temperature, Thermal bridges, Nearly zero energy buildings, Details of the anchoring of the overhanging loggia structure

The proposed buildings have increased requirements for thermal protection. The heat losses are greatly reduced through the building envelope. Significant heat losses of a building are heat losses caused by individual thermal bridges [1]. When designing nearly zero energy buildings, it is necessary to eliminate all thermal bridges in the project. In this paper, we focus on the effect of additional anchoring of overhanging loggias on the internal surface temperature.



Fig. 1: Floor plans and views of the analysed residential building, a - original condition, b - proposed condition

### Description of the analysed building

A real residential building in Topoľčany was selected for the analysis of the internal temperature. The residential building has three floors and the envelope is made of solid brick (Fig. 1.2). The supporting structure is complemented by a reinforced concrete wreath. The horizontal supporting structure is made as a reinforced concrete monolithic slab hr. 200 mm.

### Introduction

The recast Energy Performance of Buildings Directive (EPBD) stipulates that all new buildings built within the European Union after 2020 should reach almost zero energy levels. This means that all new buildings will demonstrate very high energy performance and their reduced or very low energy needs will be significantly covered by renewable energy



Fig. 2: Real view of the analysed residential building and proposed visualization of hanging loggias

M 1:10

NAVRHOVANÝ STĚP  
 ŠTV. TR. 100/100/5  
 2 - P10/100-100  
 1 - P10/100-270  
 HILTI HIT-HY 200-A  
 + HIS-RN M16  
 3 - P10/100-270

80 10  
 20

The following figure shows the analysed critical detail of an existing reinforced concrete wreath (Fig. 3). The masonry of the perimeter wall is made of solid fired bricks, 450 mm, with additional insulation from EPS F70,  $\lambda_r = 100$  mm. 3 variants were created for the given analysis. The first variant is the assessment of critical detail without additional insulation. The second variant with additional insulation and the third variant with additional insulation and with an additional overhanging loggia. The exact description of individual variants is shown in the following table no. 1. We used 2D and 3D surface temperature method for thermal bridge analysis. We used the Psi-Therm program [2]. The boundary conditions according to STN 73 0540-2 [2] were considered in the calculation. The following figure shows the individual critical details and their temperature course.

Figure 10 displays the temperature distribution in the cross-section of the beam-column joint for three different models: C-2D, B-2D, and A-2D. The temperature distribution is shown as a color gradient, with blue representing lower temperatures and red representing higher temperatures. The temperature values are indicated on the right side of each cross-section.

- C-2D:** The temperature distribution shows a peak of 13.75°C at the top, with values of 13.36°C and 13.39°C at the bottom.
- B-2D:** The temperature distribution shows a peak of 18.09°C at the top, with values of 17.93°C and 17.63°C at the bottom.
- A-2D:** The temperature distribution shows a peak of 10.62°C at the top, with values of 9.89°C and 8.45°C at the bottom.

Variant	Description of critical detail	Results of calculated surface temperatures		
		Calculated surface temperature $\Theta_{si}$	Normalized surface temperature $\Theta_{si, N}$	Assessment
A – 2D	Detail without additional insulation	8,45	13,1	No
A – 3D	Detail without additional insulation	8,51	13,1	No
B – 2D	Detail with additional insulation and without overhanging additional construction	17,63	13,1	Yes
B – 3D	Detail with additional insulation and without overhanging additional construction	17,64	13,1	Yes
C – 2D	Detail with additional insulation and with overhanging additional construction	13,36	13,1	Yes
C – 3D	Detail with additional insulation and with overhanging additional construction	13,3	13,1	Yes

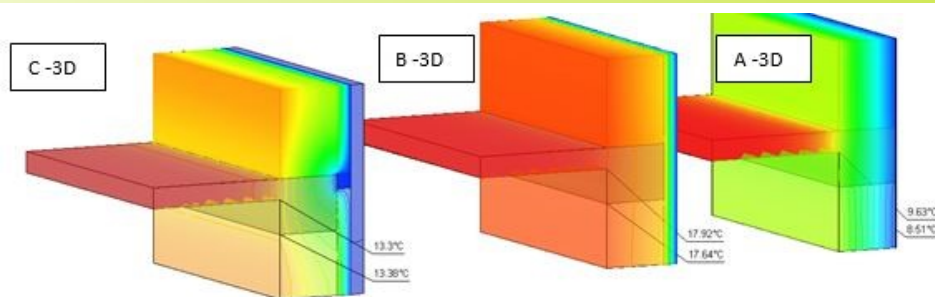


Fig. 5: 3D temperature profile for 3 variants

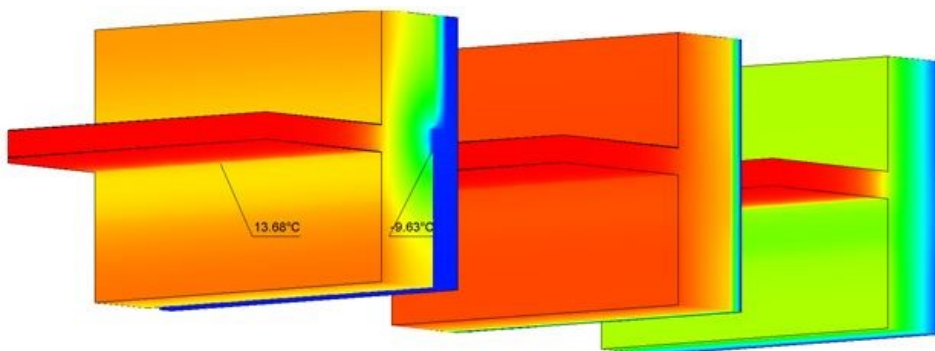


Fig. 6: Detail of 3D temperature profile for variant with overhanging additional construction

In table no. 1 shows the resulting surface temperatures for the analysed 3 variants. In modelling and calculation, we considered the declared thermal conductivities of individual commercial materials. Normalized boundary conditions (Indoor air temperature: 20 °C and outdoor air temperature -11 °C) were used in the 2D and 3D calculations. The fragment of the envelope wall with additional insulation meets the current thermal requirements (Tab. 2). The individual thermal technical properties of the considered materials are shown in Figure 7.

## Results and discussion

As can be seen from picture no. 5 and No. 6, so the original detail does not meet the hygienic criteria of the minimum surface tempera-

## Material

■	Aluminium
■	Full clinker, high hole clinker, clinker ceramic 2000
■	Normal concrete (2200)
■	Polystyrene particle foam PS15 (WLG 040)
■	Polystyrene particle foam PS20 (WLG 040)

Fig. 7: Thermal technical properties of considered materials

ture. When insulating the perimeter wall with thermal insulation from EPS F70, 100mm thick, these surface temperatures increase to 17.63 °C. Such a surface temperature already meets the current requirements and for the given boundary conditions. When applying an aluminium overhang structure, the temperature drops to 13.3 °C near the local anchor. This surface temperature still meets current requirements but is already approaching the critical surface temperature.

## Conclusion

It can be stated that when insulating the envelope wall with thermal insulation 100 mm thick and applying local anchoring of the overhanging additional aluminium construction structure, the calculated surface temperatures are still above the critical surface temperature according to STN 73 0540-2: 2012 + Z1 + Z2 [3].

## Acknowledgement:

This research was supported by the research project VEGA no. 1/0680/20 Slovak Technical University.

## $\lambda[W/(m \cdot K)]$

x	y	z
204.000	204.000	204.000
0.960	0.960	0.960
1.600	1.600	1.600
0.040	0.040	0.040
0.040	0.040	0.040

## References:

- [1] STN EN ISO 10211, Thermal bridges in building construction. Heat flows and surface temperatures. Detailed calculations.
- [2] Psi-Therm 2D Features – 2-dimensional quasi-stationary temperature distribution (2018 PSI-THERM).
- [3] STN 73 0540-2 + Z1 + Z2, Thermal protection of buildings. Thermal performance of buildings and components. Part 2: Functional requirements.

## Autori:

- Doc. Ing. Rastislav Ingeli, PhD., Faculty of Civil Engineering STU in Bratislava

## Zaradenie článku:

- Odborný

# BALKONSTAV

# Stanovenie sadnutia podložia od násypu založenom na štrkových pilieroch

## Determining the Settlement of Subsoil Below an Embankment Founded on Stone Columns



Článok sa zaoberá stanovením celkového sadnutia cestného násypu založenom na podloží zlepšenom štrkovými piliermi. Najčastejšie používaný analytický výpočtový model uvažuje v prípade podložia zlepšeného štrkovými piliermi s metódou homogenizácie podložia, kedy je účinok spevnenia pôvodného prostredia medzi štrkovými piliermi zanedbaný. Prezentovaný je výpočtový postup, ktorý efekt spevňovania zeminy zohľadňuje metódou Cavity Expansion Theory. Výpočet umožňuje stanoviť zmenu stavu napätosti a zvýšenie hodnoty oedometrického modulu deformácie, ktoré sú spôsobené cylindrickým roztláčaním zeminy simulujúcim vytváranie štrkového piliera. Zohľadnenie účinku spevnenia pôvodného prostredia výrazne zvyšuje presnosť riešenia, čo preukazuje porovnanie výsledkov analytických výpočtov s výsledkami geotechnického monitoringu.

### Kľúčové slová:

Sadnutie násypu, Výpočet sadnutia, Zlepšovania podložia, Štrkové pilieri

The paper deals with the final settlement of a road embankment founded on a subsoil improved using stone columns. The most used analytical model is based on the method of the homogenization of the subsoil improved. The effect of the improvement of original soil

between stone columns is ignored. The analytical model, which takes into account this effect using the Cavity expansion theory, is presented in detail. The calculation allows for determining the changes in stress state and oedometer modules of soil affected by stone columns creation. The analytical model presented in this paper allows for determining a significantly more precise settlement of the embankment. The comparison of calculated and measured values of the settlement is presented and discussed.

### Key words:

Settlement of embankment, Settlement, Soil improvement, Stone columns

### Úvod

Štrkové pilieri patria medzi jednu z najčastejších metód zlepšovania málo únosného podložia pod cestnými a železničnými násypmi, ale aj pod výškovými budovami a priemyselnými halami väčších pôdorysných rozmerov. Využívajú sa najmä s cieľom zvýšiť únosnosť podložia, znížiť celkové sadnutie a skrátiť dobu konsolidácie. Metódy navrhovania štrkových pilierov sú neustále vyvíjané a modifikované s cieľom dosiahnuť hospodárnejší a spoľahlivejší návrh. Mechanizmus prenosu zaťaženia zo štrkového piliera do okolitej pôdy analyzovali ako prvý Hughes a Withers [1]. Únosnosť štrkového

piliera je daná predovšetkým radiálnym odporom, ktorý vytvára okolitá zemina v jeho hornej časti – približne do hĺbky 2,0 m pod úroveň terénu. Pri skupine štrkových pilierov vzniká v idealizovanom zlepšenom prostredí ihlanovitá šmyková plocha. Laboratórne skúšky preukazujúce teoretické predpoklady uviedli napr. [2, 3]. Pri štrkových pilieroch zhotovených technológiou displacement (roztláčaním bez ťaženia zeminy) dochádza k zhutneniu okolitej zeminy, t.j., k zmene objemovej tiaže, vodorovného (radiálneho) napätia a deformačných vlastností.

Zohľadnenie mechanizmu prenosu zaťaženia a zahrnutie technologických vplyvov je nevyhnutné pre bezpečný a hospodárny návrh štrkových pilierov. Na Slovensku sa v praxi najčastejšie používajú dve metódy: analytický výpočet, kedy sa aplikuje metóda homogenizácie podložia na prostredie zlepšené štrkovými piliermi [4] a numerické modelovanie, predovšetkým metóda konečných prvkov (MKP), napr. [5].

Článok je zameraný na stanovenie sadnutia zlepšeného podložia pod cestným násypom pomocou analytického modelu s aplikovaním metódy homogenizácie podložia, pri ktorej sa štandardne neuvažuje so zmenou vlastností pôvodného zlepšovaného prostredia. Na účel stanovenia spevnenia prostredia medzi štrkovými piliermi bola použitá metóda Cavity Expansion Theory [6]. Použitá metóda umožnila výpočet zmeny vodorovných napätí pôsobiacich na štrkové pilieri a zmenu oedometrických modulov deformácie. Výsledky boli následne použité pri stanovení parametrov homogenizovaného zlepšeného podložia vo výpočte sadnutia násypu.

### Zostavenie geotechnického modelu a stanovenie vlastností zemín

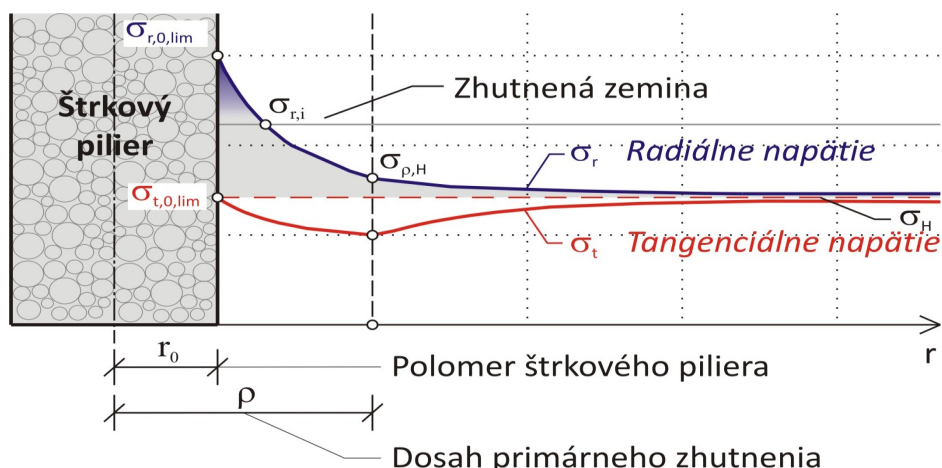
Analýzovaný cestný násyp má premenlivú výšku od 6,7 m na pravej strane až po 7,6 m na ľavej strane.

Tvorený je jemnozrnnými zeminami z danej lokality, ktorých objemová tiaž je  $g = 19 \text{ kN/m}^3$ . Pôvodné prostredie pod násypom tvoria kvartérne a neogénne zeminy. Kvartér je zastúpený vrstvou ílu piesčitého (F4/CS) do hĺbky 2,2 m pod terénom, ílu so strednou plasticitou (F6/CI) do hĺbky 5,7 m pod terénom a ílovitým štrkom (G5/GC), ktorého mocnosť je 5,0 m. Pod vrstvou štrkov sa nachádza neogénne podložie tvorené ílom so strednou plasticitou (F6/CI). Ustálená hladina podzemnej vody (HPV) je v hĺbke 1,4 m pod terénom.

Štrkové piliere boli zhotovené v rastri 2 x 2 m; majú priemer 0,5 m a dĺžku 5,0 m. Vlastnosti zemín pôvodného prostredia a materiálu štrkových pilierov potrebné pre výpočty sú zhrnuté v Tab. 1. Schéma geologického podložia so štrkovými piliermi je znázornená na Obr. 1.

potrebný pre výpočet sadnutia, sa stanoví zo vzťahu:

$$E_{oed,zl} = \frac{E_{oed,z} A_z + E_{oed,\text{šp}} A_{\text{šp}}}{A_{zl}} \quad (1)$$

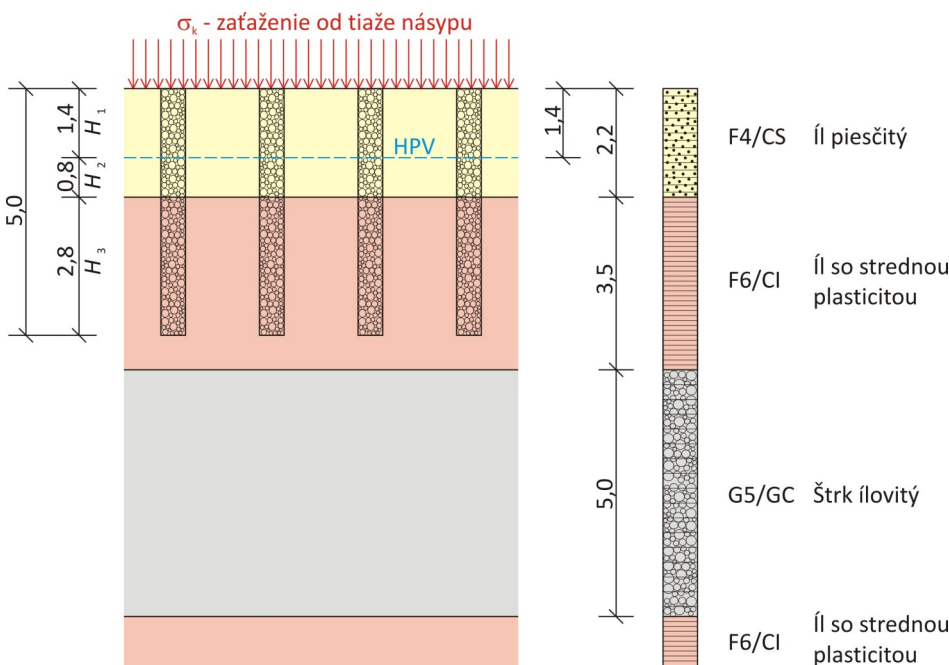


Obr. 2: Zmena stavu napätosti v okolí štrkového piliera, podľa [6]

giou displacement dochádza vo vhodných zeminách k zhutneniu a zvýšeniu hodnoty oedometrického modulu  $E_{oed,z}$  pôvodnej zeminy. Jednou z možností ako túto hodnotu určiť, je využitie metódy Cavity Expansion Theory.

Tab. 1: Vlastnosti zemín vstupujúce do výpočtu

Parameter	Jednotka	Vrstva - Trieda zeminy/Symbol				
		1 Vrstva - F4/CS	2 Vrstva - F6/CI	3 Vrstva - G5/GC	4 Vrstva - F6/CI (neogen)	Štrkový pilier
$g$	$\text{kN.m}^{-3}$	19,8	19,8	19,5	19,8	17,4
$g_{\text{sat}}$	$\text{kN.m}^{-3}$	20,2	20,1	20,72	20,1	19,6
$n$	-	0,35	0,4	0,3	0,4	0,2
$E_{oed}$	$\text{MN.m}^{-2}$	12,26	19,14	67,57	40,88	82,5
$m$	-	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2



Obr. 1: Schéma geologického podložia a štrkových pilierov

### Metóda homogenizácie podložia doplnená o Cavity Expansion Theory

Metóda homogenizácie podložia nahrádza prostredie zlepšené štrkovými piliermi homogénnou vrstvou. Oedometrický modul deformácie takejto homogenizovanej vrstvy ( $E_{oed,zl}$ ),

kde  $E_{oed,z}$  je oedometrický modul pôvodnej zeminy;  $A_z$  je pôdorysná plocha pôvodnej zeminy medzi štrkovými piliermi;  $E_{oed,\text{šp}}$  je oedometrický modul materiálu štrkového piliera;  $A_{\text{šp}}$  je pôdorysná plocha štrkových pilierov a  $A_{zl}$  je celková pôdorysná plocha zlepšovaného prostredia.

Pri štrkových pilieroch zhotovených technoló-

Jedná sa o analytickú výpočtovú metódu, pomocou ktorej sa dá vypočítava zmena vlastností a stavu napätosti vplyvom vytvárania (roztláčania) valcového dutého telesa v horninovom prostredí. Zjednodušená schéma pre výpočet je uvedená na Obr. 2.

Maximálne vodorovné radiálne napätie, ktoré dostávame na kontakte zeminy a štrkového piliera, je definované nasledujúcim vzťahom:

$$\sigma_{r,0,\text{lim}} = \frac{\sigma_h}{1 - \xi} + \sigma_u \quad (2)$$

kde  $\sigma_h$  je pôvodné vodorovné geostatické napätie. Neohraničená šmyková pevnosť zeminy  $\sigma_u$  predstavuje maximálne zvislé napätie, ktoré môže nastať v jemnozrnných zeminách, kedy je horizontálne napätie nulové a Mohrova kružnica sa dotýka Coulombovej čiary pevnosti, podľa vzťahu (3). Sklon Coulombovej čiary pevnosti je v priestore hlavných napätí definovaný pomerom 1 :  $\xi$ , kde parameter  $\xi$  stanovíme podľa vzťahu (4).

$$\sigma_u = \frac{2c'}{\sqrt{\xi}} \quad (3)$$

$$\xi = \frac{1 - \sin(\varphi')}{1 + \sin(\varphi')} \quad (4)$$

kde  $\varphi'$  a  $c'$  sú efektívne parametre šmykovej pevnosti roztláčanej zeminy.

V ďalšom kroku výpočtu je potrebné stanoviť hodnotu vodorovného radiálneho napätia na okraji zóny zhutnenia  $\sigma_{p,h}$ , ktoré sa určí podľa nasledujúceho vzťahu:

$$\sigma_{p,h} = k_{p,h} \sigma_h \quad (5)$$

kde parameter  $k_{p,h}$  reprezentuje násobok horizontálneho napätia, pre ktoré predpokladáme nulové objemové zmeny – stanoví sa z nomogramov, ktoré uvádza Mecsí [6]. Vstupnými parametrami do nomogramov sú  $\sigma_h$ ,  $\phi'$ ,  $c'$  a parameter spevnenia  $\alpha$ . Následne je možné vypočítať rádius zóny zhutnenia  $\rho$  podľa vzťahu (6), kde  $r_0$  reprezentuje polomer štrkového piliera.

$$\rho = r_0 \left[ \frac{\sigma_{r,0,lim} + c' / \tan(\phi')}{\sigma_{\rho,h} + c' / \tan(\phi')} \right]^{\frac{[1+\sin(\phi')]/2\sin(\phi')}{1+\sin(\phi')}} \quad (6)$$

Vo vnútri zóny zhutnenia predpokladáme plastický stav napätosti podľa Mohr-Coulombovej podmienky a nelineárnu závislosť medzi radiálnym pretvorením a napätím v procese zhutňovania. Napätie vo vnútri zóny zhutnenia je možné stanoviť zo vzťahu (7), kde  $r$  reprezentuje rádius od osi štrkového piliera v ktorom chceme napätie vypočítať (platí pre rozsah, kde  $r$  je v intervale  $r_0 - \rho$ ).

$$\sigma_r = \left[ \sigma_{\rho,h} + c' / \tan(\phi') \right] \left( \frac{\rho}{r} \right)^{\frac{2\sin(\phi')}{[1+\sin(\phi')]} - \frac{c'}{\tan(\phi')}} \quad (7)$$

Mimo oblasť zóny zhutnenia, pri predpoklade nulových objemových zmien, sa radiálne napätie stanoví z nasledujúceho vzťahu (platí pre rozsah  $r \geq \rho$ ):

$$\sigma_r = (\sigma_{r,0} - \sigma_h) \left( \frac{\rho}{r} \right)^2 + \sigma_h \quad (8)$$

Pôvodná hodnota oedometrického modulu deformácie  $E_{oed}$  sa vzťahuje k príslušnému referenčnému napätiu  $\sigma_{ref}$ . Efekt spevnenia zeminy je daný zmenou oedometrického modulu deformácie prostredníctvom parametra spevnenia  $\alpha$ . Hodnota oedometrického modulu deformácie pre spevnené prostredie v okolí štrkového piliera  $E_{oed,zl}$  zodpovedajúca príslušnej hodnote radiálneho napätia  $\sigma_r$  a vychádza zo vzťahu:

$$E_{oed,zl} = E_{oed} \left( \frac{\sigma_r}{\sigma_{ref}} \right)^{\alpha} \quad (9)$$

V prípade skupiny štrkových pilierov treba zohľadniť ich skupinový efekt. Štrkové pilieri boli zhotovené vo štvorcovej sieti 2 x 2 m. V daných inžinierskogeologických podmienkach nastáva minimálna hodnota zvýšeného vodorovného napätia uprostred štvorice štrkových pilierov a maximálna na kontakte spevňovanej zeminy so štrkovým pilierom, pozri napr. [7]. Analytickým výpočtom je jednoduchšie vystihnúť stav napätosti medzi dvomi štrkovými piliermi, kde výsledný stav napätosti dostávame ako sumu dvoch proti

sebe pôsobiacich pretvorení spôsobených inštaláciou štrkových pilierov. Potrebne je zohľadniť postup výstavby. Ako prvé sa vypočítajú zmeny stavu napätosti v okolí samostatného štrkového piliera. Následne, pri výpočte zmeny stavu napätosti v okolí ďalšieho štrkového piliera, sa za počiatočný stav napätosti bude uvažovať napätie, ktoré bolo v danom mieste spôsobené vytvorením predchádzajúceho štrkového piliera. Najkonzervatívnejšiu a tým aj najbezpečnejšiu hodnotu  $\sigma_r$  dostávame uprostred medzi dvojicou štrkových pilierov. Túto hodnotu je možné použiť vo vzťahu (9) a stanoviť tak hodnotu oedometrického modulu pre skupinový účinok ( $E_{oed,z,zl}$ ).

### Výpočet sadnutia násypu na zlepšenom podloží

Pri výpočte sadnutia podložia pod násypom bolo uvažované s dvomi výpočtovými modelmi. V prvom modeli sa uvažovalo pôvodné geologické prostredie bez zlepšenia štrkovými piliermi. V prvom modeli sa zlepšenie podložia štrkovými piliermi stanovilo metódou homogenizácie podložia podľa [4]. Použité boli vlastnosti zemín uvedené v Tab. 1 a výpočet zlepšeného oedometrického modulu deformácie sa aplikoval vzťah (1). V druhom modeli sa zohľadnilo spevnenie prostredia medzi štrkovými piliermi metódou *Cavity Expansion Theory*. Výsledky a medzivýsledky výpočtu oedometrického modulu deformácie pre zlepšené prostredie medzi štrkovými piliermi sú stručne zhrnuté v Tab. 2. Hodnoty oedometrického

ikých modulov deformácie pre výpočet sadnutia násypu, stanovené oboma použitými metódami, sú uvedené v Tab. 3. Tieto hodnoty sa následne aplikovali vo vzťahu (1) a stanovil sa  $E_{oed,zl}$  pre homogenizované podložie s uvažovaním spevnenia prostredia medzi štrkovými piliermi.

Na výpočet konečnej hodnoty sadnutia podložia pod násypom bol použitý softvér FINE Geo5, modul sadanie. Softvér aplikuje najčastejšie používaný analytický výpočtový model podľa STN 73 1001, ktorý uvažuje jednoosú deformáciu. Príklady výpočtov uvádza napr. [8]. Hĺbka deformačnej zóny bola stanovená na základe teórie štruktúrnej pevnosti, pričom hodnoty opravného súčiniteľa prítlačenia  $m$  boli rovné 0,2 pre všetky jemnozrnné zeminy a 0,3 pre vrstvu ílovitého štrku. Stanovené hodnoty sadnutia podložia pre oba modely sú zhrnuté v Tab. 4. Výsledky výpočtov sadnutia podložia násypu sú porovnané s nameranými výsledkami sadnutia. Bližší popis merania uvádza [9]. Výpočtom stanovené celkové konečné sadnutie podložia zohľadňujúce iba homogenizáciu podložia je 82,6 mm. V prípade, že sa metódou *Cavity Expansion Theory* zohľadnilo spevnenie zeminy medzi štrkovými piliermi, konečná hodnota sadnutia klesla na 64,9 mm. Takto vypočítané sadnutie podložia pod násypom je v porovnaní s meraním presnejšie.

Tab. 2: Parametre zemín po zhotovení štrkových pilierov stanovené pomocou CET				
Parameter	Jednotka	Vrstva - Zemina		
		1 Vrstva - F4/CS *nad HPV	1 Vrstva - F4/CS *pod HPV	2 Vrstva - F6/CI
$S_H$	kN.m <sup>-3</sup>	8,74	20,22	35,84
$S_u$	kN.m <sup>-3</sup>	41,28	41,28	48,39
$\chi$	-	0,46	0,46	0,55
$S_{r,0,limit}$	kN.m <sup>-2</sup>	76,46	122,68	193,41
$K_{r,H}$	-	2,60	2,18	1,94
$S_{r,H}$	kN.m <sup>-2</sup>	22,72	44,08	69,53
$r$	m	0,84	0,90	1,12
$E_{oed,z,zl}$	MN.m <sup>-2</sup>	15,05	13,06	36,75

Tab. 3: Hodnoty oedometrického modulu pre výpočet sadnutia - stanovené rôznymi metódami				
Vrstva – Typ zeminy	Parameter	Jednotka	Metóda homogenizácie podložia	
			bez spevnenia prostredia medzi štrkovými piliermi	so spevnením prostredia medzi štrkovými piliermi
1 Vrstva - F4/CS *nad HPV	$E_{oed,zl}$	MN.m <sup>-2</sup>	15,71	26,43
1 Vrstva - F4/CS *pod HPV	$E_{oed,zl}$	MN.m <sup>-2</sup>	15,71	24,92
2 Vrstva - F6/CI	$E_{oed,zl}$	MN.m <sup>-2</sup>	19,14	38,99

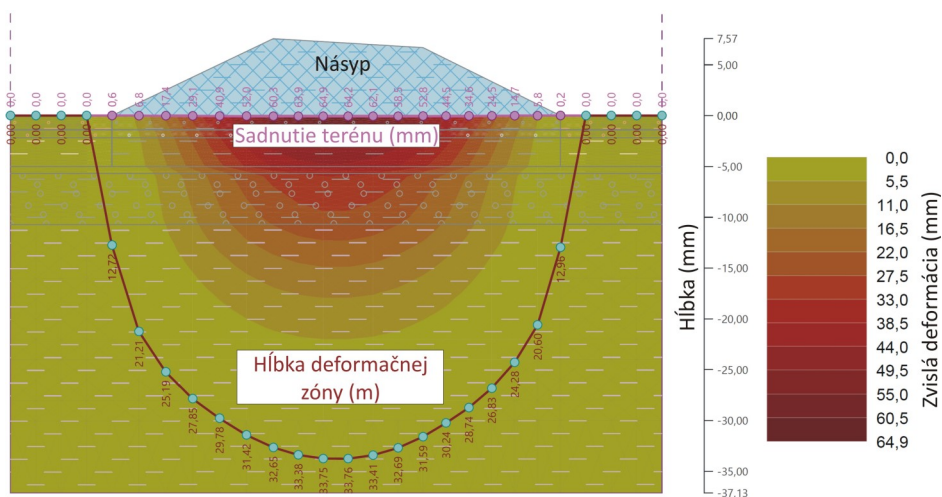
Vzájomný rozdiel je možné považovať za primeraný a môže byť spôsobený predovšetkým tým, že vstupné vlastnosti zemín použité vo výpočte sa od skutočných mierne odlišovali. Vykreslenie priebehu zvislej deformácie pod násypom pre výpočet, ktorý uvažuje spevnenie prostredia medzi štrkovými piliermi, je uvedený na Obr. 3.

## Záver

Pri analytickom výpočte sadnutia podložia zlepšeného štrkovými piliermi sa najčastejšie aplikuje metóda homogenizácie podložia, kedy sú štrkové pilie a pôvodná zemina nahradzané homogénnou vrstvou, ktorej vlastnosti sa stanovia ako vážené priemery. Pri tejto metóde sa neuvažuje so spevňovaním zeminy medzi štrkovými piliermi, ktorá môže byť výrazná najmä pri technológii zhотовovania štrkových pilierov metódou vibro-replacement vo vhodných inžinierskogeologických podmienkach. Spevňovanie pôvodnej zeminy bolo v prezentovanom výpočte uvažované metódou Cavity Expansion Theory. Táto analytická metóda umožnila výpočet zmeny stavu napätosti, predovšetkým vodorovného radiálneho napätia, a zmenu oedometrického modulu deformácie zeminy v prostredí medzi štrkovými piliermi. Hodnoty oedometrického modulu spevneného prostredia sa následne aplikovali do výpočtu sadnutia podložia metódou homogenizácie podložia. Výsledky výpočtov boli porovnané s výsledkami geotechnického monitoringu. Vo výpočte, kedy sa aplikovala len metóda homogenizácie podložia bez zohľadnenia spevnenia prostredia medzi štrkovými piliermi, bolo vypočítané sadnutie o 48% väčšie ako sadnutie stanovené meraním. Po zohľadnení efektu spevnenia zeminy metódou Cavity Expansion Theory bola vypočítaná hodnota sadnutia väčšia len o 16% než hodnota nameraného sadnutia. Na základe prezentovaných výsledkov možno skonštatovať, že zohľadnenie spevnenia prostredia medzi štrkovými piliermi vedie k určenie presnejšieho sadnutia a môže sa tak aplikovať na bezpečný a hospodárny návrh štrkových pilierov.

Tab. 4: Sadnutie násypu stanovené meraním a výpočtom

Metóda stanovenia		Sadnutie násypu $s_{max}$ (mm)	Percentuálne porovnanie (%)
Meranie		55,8	100
Výpočet	Homogenizácia podložia bez spevnenia prostredia medzi štrkovými piliermi	82,6	148
	Homogenizácia podložia so spevnením prostredia medzi štrkovými piliermi	64,9	116



Obr. 3: Deformácia podložia pod násypom pre metódu homogenizácie podložia so spevnením prostredia medzi štrkovými piliermi

## Podakovanie:

Príspevok vznikol vďaka podpore projektu VEGA 1/0842/18 a VEGA 1/0530/19.

## Literatúra:

- [1] Hughes, J. M. O., Withers, N. J.: Reinforcing of soft cohesivesoils with stone columns, Ground Engineering, 7 (3), 42 – 49, 1974.
- [2] Hu, W., Wood, D. M., Stewart, W.: Ground improvement using stone column foundations: Result of model tests. International Conference on Ground Improvement Techniques, CI-Premier, Singapore, 247 – 256, 1997
- [3] Wood, D. M., Hu, W., Nash, D. F. T.: Group effects in stone column foundations: Model tests. Geotechnique, 50 (6), 689 – 698, 2000
- [4] Barksdale, R. D., Bachus, R. C.: Design and construction of stone columns, Volume 1. Rep. No. FHWA/RD-83/026, Federal Highway Administration, Washington, DC., USA, 1983
- [5] Hird, C. C., Pyrah, I. C., Russell, D.: Finite element modeling of vertical drains beneath embankments on soft ground. Geotechnique, 42 (3), 499 – 511, 1992

- [6] Mecsi J.: Geotechnical engineering examples and solutions using the cavity expansion theory. Geotechnical Society Hungary, Budapest, Hungary, 232, 2013
- [7] Stacho, J., Súľovská, M.: Numerical modelling of the subsoil zone between stone columns. Slovak Journal of Civil Engineering, 27 (4), 32 – 39, 2019
- [8] Hulla, J., Turček, P.: Zakladanie stavieb. Bratislava, Jaga, 1998
- [9] Mušec, P.: Analýza metód zlepšenia podložia násypov pri výstavbe ciest a diaľnic. Dizertačná práca, STU v Bratislave, 2019.

## Autori:

- Ing. Jakub Stacho, PhD., Katedra geotechniky, STU v Bratislave

## Zaradenie článku:

- Vedecký

Buildustry



Bria Invenia

