STU SvF
SLOVENSKÁ TECHNICKÁ UNIVERZITA V BRATISLAVE
STAVEBNÁ FAKULTA
ÚSTAV SÚDNEHO ZNALECTVA

Znalecký ústav: **Slovenská technická univerzita v Bratislave**
Vazovova 5, 812 43 Bratislava

Špecifické miesto výkonu činnosti pre odbor Stavebníctvo:
Stavebná fakulta STU
ÚSTAV SÚDNEHO ZNALECTVA
Radlinského 11, 810 05 Bratislava 15

Zadávateľ: **Asociácia výrobcov minerálnych izolácií, z.z.p.o.**
Račianska 88B
831 02 Bratislava
Slovenská republika

Číslo objednávky: **písomná objednávka zo dňa 20.1.2020**

ZNALECKÝ POSUDOK

znalecký úkon číslo 35/2020

Vo veci:

Zmeny fyzikálno-mechanických parametrov pre výrobky z minerálnej izolácie pre systém ETICS v pripravovanej norme *STN 72 7221 – 4 (Tepelnoizolačné výrobky pre budovy. Časť 4: Prefabrikované výrobky z minerálnej vlny (MW). Účel použitia.)*

Počet strán (z toho príloh): 79 (39)
Počet vyhotovení: 4

I. ÚVOD

1. Úloha znalca a predmet znaleckého skúmania:

Posúdenie fyzikálno-mechanických vlastností tepelnoizolačného materiálu z minerálnej izolácie vo forme tepelnoizolačných dosiek s pozdĺžnou orientáciou vláken pre systém kontaktného zateplenia ETICS, ktoré sú navrhnuté v pripravovanej norme *STN 72 7221 – 4*:

a) posúdenie navrhovanej minimálnej hodnoty pevnosti v ťahu kolmo na rovinu (TR) tepelnoizolačnej dosky na báze minerálnych vláken v systéme ETICS

V pripravovanej norme *STN 72 7221 – 4* je stanovená minimálna hodnota pevnosti v ťahu kolmo na rovinu *TR* = 15 kPa.

b) posúdenie navrhovanej minimálnej hodnoty pevnosti v šmyku (SS) tepelnoizolačnej dosky na báze minerálnych vláken v systéme ETICS

V pripravovanej norme *STN 72 7221 – 4* je stanovená minimálna hodnota pevnosti v šmyku *SS* = 20 kPa.

c) posúdenie navrhovanej minimálnej hodnoty modulu pružnosti v šmyku (G_m) tepelnoizolačnej dosky na báze minerálnych vláken v systéme ETICS

V pripravovanej norme *STN 72 7221 – 4* je stanovená modulu pružnosti v šmyku G_m = 1000 kPa.

2. Účel posudku:

Podklad pre normalizačnú komisiu a ÚNMS SR[1] v konaní o zmenu normy *STN 72 7221 – 4 (Tepelnoizolačné výrobky pre budovy. Časť 4: Prefabrikované výrobky z minerálnej vlny (MW). Účel použitia.)*

3. Dátum, ku ktorému je znalecký posudok vypracovaný:

Ku dňu podania posudku 26.03.2020

4. Podklady pre vypracovanie znaleckého posudku:

4.1. Dodané objednávateľom:

- Objednávka znaleckého posudku zo dňa

4.2. Získané znalcom:

- Prehľad problematiky a východiskových podkladov.
- Výsledky meraní fyzikálno-mechanických vlastností vzoriek minerálnej izolácie z externého protokolu zo skúšobne TaZUS Praha, pobočka Brno.
- Odvodenie parciálneho súčiniteľa $\gamma_{M,MW}$ pre medznú pevnosť v ťahu kolmo na rovinu dosky *TR*, medznú pevnosť v šmyku *SS*.
- Výsledky statického výpočtu:
  - MSÚ (Medzný stav únosnosti)
  - MSP (Medzný stav použiteľnosti)
- Návrh minimálnych návrhových hodnôt pre medznú pevnosť v ťahu kolmo na rovinu dosky TR_d, medznú pevnosť v šmyku SS_d a stredný modulu pružnosti v šmyku G_m.

[1] Úrad pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky, Štefanovičova 3, P. O. Box 76, 810 05 Bratislava 15.

- Návrh minimálnych charakteristických hodnôt pre medznú pevnosť v ťahu kolmo na rovinu dosky TR_k a medznú pevnosť v šmyku SS_k.

4.3. Použité predpisy a literatúra:

4.3.1. prEN 17 237:2018 → Tepelnoizolačné výrobky pre stavebníctvo - Vonkajšie tepelnoizolačné kompozitné systémy s omietkou (ETICS). Špecifikácia.

4.3.2. ETAG 004 → Vonkajšie zložené tepelnoizolačné systémy s omietkou (návod na Európske technické (ETA).

4.3.3. Pokyny pre kvalitu izolačných materiálov z minerálnej vlny (MW) na použitie v tepelnoizolačných kompozitných systémoch (ETICS) (Verband für Dämmsysteme, Putz und Mörtel e.V. a Fachverband Mineralwolleindustrie e.V.).

4.3.4. TP-CZB 01-2015 → Kritéria pre kvalitatívne triedy vonkajších tepelno-izolačných kontaktných systémov ETICS.

4.3.5. STN EN 13162 + A1 → Tepelnoizolačné výrobky pre budovy. Prefabrikované výrobky z minerálnej vlny (MW). Špecifikácia.

4.3.6. STN 73 2901 → Zhotovovanie vonkajších tepelnoizolačných kontaktných systémov (ETICS).

4.3.7. STN EN 12090 → Tepelnoizolačné výrobky pre stavebníctvo. Stanovenie správania pri namáhaní šmykom.

4.3.8. EN 1607:2013 - 09 (72 7051) → Tepelnoizolačné materiály pre stavebníctvo. Stanovenie pevnosti v ťahu kolmo na rovinu dosky.

4.3.9. EN 13 495:2020 – 04 (72 7071) → Tepelnoizolačné výrobky na používanie v stavebníctve. Stanovenie odolnosti vonkajších kontaktných zatepľovacích systémov (ETICS) proti odtrhnutiu (skúška penových blokov).

4.3.10. STN EN 1991 – 1 – 1 → Eurokód 1. Zaťaženia konštrukcií. Časť 1-1: Všeobecné zaťaženia. Objemová tiaž, vlastná tiaž a úžitkové zaťaženia budov.

4.3.11. STN EN 1991 – 1 – 4/NA → Eurokód 1. Zaťaženia konštrukcií. Časť 1-4: Všeobecné zaťaženia. Zaťaženie vetrom.

4.3.12. Technické listy výrobkov, ktoré sa používajú ako súčasť zatepľovacieho systému ETICS s tepelnoizolačným materiálom z minerálnych vláken.

4.3.13. Zásahy do nosných konštrukcií panelových bytových domov (ISBN-978-80-89073-14-6)

4.3.14. Analýza deformácie minerálnej izolácie v systéme ETICS. Verzia 1.0

4.3.15. P. Briatka, Z. Sternová: Tmavé fasády – Áno, či Nie?! Tepelná ochrana budov 1/2010.

4.3.16. P. Briatka, Z. Sternová: Modul pružnosti základnej vrstvy ETICS. Stavebnícka ročenka 2010.

4.3.17. I. Gnip, S. Vaitkus a S. V. V. Keršulis, „Predicting the deformability of mineral wool slabs under constant,“ Construction and Building Materials, %1. vyd.23, pp. 1928-1934, 2009.

4.3.18. L. Steponaitis a S. Vėjelis, „Strength and deformability of mineral wool slabs under short-therm cyclic compression,“ Statybines konstrukcijos ir technologijos, zv. 3, %1. vyd.2, pp. 86-92, 2010.

4.3.19. STN 72 7221 - 4. Tepelnoizolačné výrobky pre budovy. Časť 4: Prefabrikované výrobky z minerálnej vlny (MW). Účel použitia. 2019.

4.3.20. A. Buska a R. Mačiulaitis, „The compressive strength properties of mineral wool slabs: influence of structure anisotropy and methodical factors,“ Journal od civil engeneering and management, zv. 8, %1. vyd.2, pp. 97-106, 2007.

4.3.21. F. Hild, E. Maire, S. Roux a J.-F. Witz, „Three-dimensional analysis of a compression test on stone wool,“ Acta Materialia, %1. vyd.57, p. 3310–3320, 2009.

4.3.22. H. Künzel a R. Wieleba, „Specific building-physical properties of ETICS on mineral-wool basis,“ IBP report HTB-20/2009 made on behalf of Rockwool, 2009.

4.3.23. H. Rice a P.Goransson, „A dynamical model of light Þbrous materials,“ International Journal of Mechanical Sciences, %1. vyd.41, p. 561Ð579, 1991.

4.3.24. U. Onur a B. Erol, „Effect of Glass Wool and Stone Wool Additives on Some Mechanicaô Properties of Wood Composites,“ BioResources, zv. 11, %1. vyd.3, pp. 359-373, 2016.

4.3.25. N. Dauchez, M. Etchessahar a S. Sahraoui, „On measurement of mechanical properties of sound absorbing materials,“ rev. Biot Conference on Poromechanics.

4.3.26. C. Lucie, Characterization and modelling of the mechanical properties of mineral wool, 2016.

4.3.27. V. Tarnow, „Dynamic measurements of the elastic constants of glass wool,“ Acoustical Society of America. Journal, zv. 6, %1. vyd.118, pp. 3672-3678, 2005.

4.3.28. L. Steponatis, S. Véjelis a S. Vaitkus, „Analysis of Structure and Deformation Mechanisms of Mineral Analysis of Structure and Deformation Mechanisms of Mineral,“ Material science, zv. 18, %1. vyd.2, pp. 1392-1320, 2012.

4.3.29. S. Veiseh, M. M. Mirmohamadi, N. Khodabandeh a A. Hakkaki-Fard, „Assessment of Parameters Affecting Compressive Behavior of Mineral Wool Insulations,“ Asian journal of civil engineering, zv. 8, %1. vyd.4, pp. 359-373, 2007.

4.3.30. M. Machatka, „Užití ETICS z desek MW s nižší pevností v tahu,“ Tepelná ochrana budov 1/2018.

II. POSUDOK

1. Všeobecné údaje

Tepelnoizolačné výrobky na báze minerálnych vláken pre kontaktný zatepľovací systém ETICS, sa vyrábajú v dvoch typoch dosiek. Prvým typom je lamelový typ dosiek, ktorý má kolmú orientáciu vláken smerom na rovinu dosky a je určený pre ťažké obklady. Vyznačuje sa vyššími fyzikálno-mechanických parametrami, avšak jeho tepelnoizolačná funkcia je menej účinná, čím narastá potrebná hrúbka tepelného izolantu pre zabezpečenie tepelnotechnických požiadaviek v *STN 73 0540 -2*.

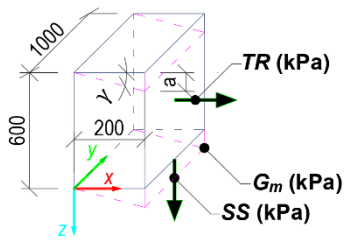
Druhým typom, štandardný typ pre fasádnu úpravu ETICS s omietkou, sú tepelnoizolačné dosky na báze minerálnych vláken s pozdĺžnou orientáciou vláken, ktoré majú nižšie fyzikálno-mechanické vlastnosti, ale vyššiu tepelnoizolačnú účinnosť. Fyzikálno-mechanické vlastnosti pre lamelový typ dosiek, je známy a zaužívaný s kladným pohľadom na stanovené fyzikálno-mechanické parametre.

Predmetom tohto znaleckého úkonu je posúdenie minimálnych fyzikálno-mechanických vlastností minerálnej izolácie s pozdĺžnou orientáciou vláken vo forme dosiek, ktoré sa používajú ako súčasť zatepľovacieho systému ETICS a stávajú sa tak nosným prvkom pre povrchovú úpravu celého systému. Vzhľadom na postupné zvyšovanie tepelnotechnických normových požiadaviek a zefektívnenie energetickej hospodárnosti dochádza k trendu narastania hrúbok tepelnej izolácie. V dôsledku narastania hrúbok tepelných izolácií sa otvárali otázky týkajúce sa deformácie fasádneho systému ETICS a s ňou možná tvorba porúch či zlyhania samotného systému.

Keďže na poli praxe a vedeckej oblasti nebolo možné spracovať súhrn poznatkov, ktoré by dokazovali hranicu fyzikálno-mechanických vlastností, bol spracovaný tento posudok. Analýza vychádza z porovnania deformácie fasádneho systému ETICS vplyvom zaťaženia vlastnou tiažou a zaťažením od sania vetra na fasádu. Rozbor vychádza z predpokladu limitných hodnôt možných trhlín, nepresiahnutia hranice pružnej (elastickej) deformácie a celkovej únosnosti materiálu, kým dôjde k jeho samotnému zlyhaniu. Zakladá sa na zaťažení od sania vetra, kde sa využíva teoretické konštantné sanie a od zaťaženia vlastnou tiažou, kde sa zaoberá dotvorením deformácie fasádneho systému po aplikácií finálnych fasádnych vrstiev ETICS. Z tejto analýzy sú následne odvodené minimálne charakteristické hodnoty fyzikálno-mechanických parametrov, aby výrobky preniesli pôsobiace zaťaženie, ktorému sú vystavené.

2. Definovanie parametrov predmetu posudku

Tepelnoizolačné dosky na báze minerálnych vláken pre systém ETICS sa vo všeobecnosti charakterizujú tromi parametrami, ktoré sa vzťahujú na súradný systém podľa obrázka 1:



Obrázok 1 Schéma tepelnoizolačnej dosky v posudzovanom súradnom systéme.

a) *hodnota pevnosti v ťahu kolmo na rovinu (TR) je minimálne napätie, ktoré musí materiál preniesť v ťahu kolmo na rovinu „yz“,*

b) *hodnota pevnosti v šmyku (SS) je minimálne napätie, ktoré musí materiál preniesť v šmyku v rovine „yz“ v smere „z“, alebo „y“,*

c) *hodnota modulu pružnosti v šmyku (G_m) je minimálna hodnota modulu pružnosti v šmyku v rovine „yz“ v smere „z“, alebo „y“.*

Na trhu sú z hľadiska fyzikálno-mechanických vlastností používa delenie materiálu na základe parametra TR, ktorým sa dosky označujú ako:

- *TR1*
- *TR2,5*
- *TR5*
- *TR7,5*
- *TR10*
- *TR15*

Číslo za symbolom TR označuje deklarovanú hodnotu medznej únosnosti materiálu v ťahu, ktoré sú odstupňované podľa *STN EN 13 162 + A1*. Parametre pre medznú pevnosť v šmyku a modul pružnosti v šmyku sú uvedené v technických listoch, ale nie sú zaužívané pre delenie tepelnoizolačných dosiek.

prEN 17 237:2019 → Tepelnoizolačné výrobky pre stavebníctvo - Vonkajšie tepelnoizolačné kompozitné systémy s omietkou (ETICS). Špecifikácia.

prEN 17 237:2019 je pripravovanou harmonizovanou normou, ktorá sa vzťahuje na kompozitné systémy vonkajšej tepelnej izolácie (systém ETICS) s povrchovou úpravou prostredníctvom omietky. Norma opisuje vlastnosti konštrukčných systémov ETICS a ich označovanie pomocou omietacích systémov aplikovaných na výrobky tepelnej izolácie. Norma sa rozdeľuje systémy ETICS podľa spôsobu kotvenia a typických tepelnoizolačných materiálov (tab. 1). Tieto systémy sú v norme podrobne opísané, spolu s definovaním a charakterizovaním všetkých vrstiev. Charakteristika sa týka základných mechanických vlastností, odolnosti a stability systému, požiarnej bezpečnosti, hygiene, zdraviu a životnému prostrediu a bezpečnosti pri používaní, kde sa odkazuje na eurokód *EN 1990* a *EN 1991-1-4*. Následne sa zaoberá tepelnou ochranou budovy z pohľadu systému ETICS. Stanovuje výpočet tepelného odporu *R* podľa *EN 12667* alebo *EN 12664*, súčiniteľa prechodu tepla *U* podľa *EN ISO 6946* a *EN ISO 10456* a vplyv tepelných mostov podľa *EN ISO 10211*. Na základe spomenutých parametrov norma nadväzuje na udržateľnosť výstavby v závislosti na aspekte prírodných zdrojov, vypočítaný podľa *EN 15804*. Odhaduje životnosť systému ETICS na minimálne 50 rokov na základe užívania a starostlivosti. Zaoberá sa aj základnými princípmi zhotovovania systému ETICS a jeho následnou sanáciou.

Tepelná izolácia	Upevňovacia metóda					
	Čisto lepený systém	Čisto lepený systém s dočasnými mechanickým zabezpečením	Mechanicky kotvený systém s hmoždinkami s doplnkovým lepením	Mechanicky kotvený systém s profilmi alebo koľajnicami s dočasným lepením	Čisto mechanicky kotvený systém s hmoždinkami	Čisto mechanicky kotvený systém s hmoždinkami a kovovou sieťovinou
	a1	a2	b	c	d	e
CG	×	×	×	×	-	-
EPS S	×	×	×	×	-	-
EPS SD	×	×	×	-	-	-
ICB	-	-	×	-	-	-
MW - lamela	×	×	×	-	-	-
MW - doska	×	×	x[2]	×	×	×
PF	-	-	×	-	×	×
PU	×	×	×	×	-	-
XPS	×	×	×	-	-	-
WF	-	-	×	-	-	-

Tabuľka 1 Kotviace metódy a typické tepelnoizolačné materiály používané v systéme ETICS. Zdroj: prEN 17 237:2018.

[2] Zvýraznenie predstavuje posudkom posudzovaný systém.

Norma obsahuje aj minimálne hodnoty pre tepelnoizolačné materiály. Pre materiály na báze minerálnych vláken vo forme lamelových dosiek stanovuje modul pružnosti v šmyku $G_m \geq 1000$ kPa a medzné napätie v šmyku (*SS*) $\tau \geq 20$ kPa merané na hrúbke vzorke 60 mm (podľa *EN 12090*). Pre dosky s pozdĺžnou orientáciou vláken, pre nami vyšetrovaný spôsob kotvenia, je stanovená len minimálna hodnota pevnosti v ťahu (minimálna hodnota medzného napätia v ťahu) na $TR_{min} \geq 3{,}5$ kPa.

ETAG 004 → Vonkajšie zložené tepelnoizolačné systémy s omietkou (návod na Európske technické (ETA)

Tento dokument bol vypracovaný pracovnou skupinou *EOTA č. 04.04/11* – vonkajšie zatepľovacie systémy ETICS. Určuje požiadavky na kontaktné tepelnoizolačné systémy (ETICS) pre použitie ako vonkajšie izolácie stien budov, overovacie metódy používané k preskúmaniu rôznych hľadísk funkčných požiadaviek, posudzovacie kritéria používané k hodnoteniu ukazovateľov vlastností pre určené použitie a predpokladané podmienky navrhovania a prevedenia. Obsahuje aj minimálne hodnoty pre materiály na báze minerálnych vláken vo forme lamelových dosiek (lepené systémy). Udáva modul pružnosti v šmyku $G_m \geq 1000$ kPa a medzné napätie v šmyku (*SS*) $\tau \geq 20$ kPa (podľa *EN 12090*).

Pokyny pre kvalitu izolačných materiálov z minerálnej vlny (MW) na použitie v tepelnoizolačných kompozitných systémoch (ETICS) (Verband für Dämmsysteme, Putz und Mörtel e.V. a Fachverband Mineralwolleindustrie e.V.)

Dokument z roku 2019, vydaný VDPM (Verband füf Dämmsysteme, Putz und Mortel e.V.) a FMI (Fachverband Mineralwolleindustrie e.V.) je finálnou verziou, kde sa stanovujú okrem iných vlastností minerálnej izolácie vo forme dosiek aj minimálne fyzikálno-mechanické vlastnosti.

Lamelové dosky

Modul pružnosti v šmyku pre lamelové dosky je stanovený na $G_m \geq 1000$ kPa a medzné napätie v šmyku $\tau \geq 20$ kPa. Tieto hodnoty majú byť podľa tohto dokumentu merané na hrúbke vzorky 60 mm. Pre namáhanie ťahom dokument určuje minimálne hodnoty pevnosti v ťahu (minimálne hodnoty medzného napätia v ťahu) na $TR_{min} \geq 80$ kPa a pre namáhanie tlakom udáva minimálne hodnoty pevnosti v tlaku (minimálne hodnoty medzného napätia v tlaku) na $CS(10)_{min} \geq 40$ kPa.

Dosky s pozdĺžnou orientáciou vláken

Modul pružnosti a ani medzné napätie v šmyku pre dosky s pozdĺžnou orientáciou vláken stanovený nie je. Dokument však určuje minimálne hodnoty pevnosti v ťahu (medzné napätie v ťahu) pre normálne ťahové namáhanie na $TR_{min} \geq 5$ kPa a vysoké namáhanie ťahom na $TR_{normal} \geq 7{,}5$ kPa. Pre namáhanie tlakom dokument určuje minimálne hodnoty pevnosti v tlaku (minimálne hodnoty medzného napätia v tlaku) na $CS_{min} \geq 5$ kPa a pre vysoké namáhanie na $CS_{high} \geq 40$ kPa.

TP-CZB 01-2015 QTA → Kritéria pre kvalitatívne triedy vonkajších tepelno-izolačných kontaktných systémov ETICS

Dokument z roku 2015, ktorý vydal český Cech pro zateplování budov (CZB). Stanovuje kritéria pre tzv. kvalitatívnu triedu A. Aby fasádny systém ETICS spĺňal kritériá kvalitatívnej triedy A, musí tepelnoizolačný materiál na báze minerálnych vláken spĺňať okrem iných požiadaviek aj požiadavky pre minimálne fyzikálno-mechanické parametre. Tie sú podľa dokumentu definované pre tepelné izolácie s pozdĺžnou orientáciou vláken pre modul pružnosti

v šmyku $G_m \geq 1000$ kPa a medzné napätie v šmyku $\tau \geq 20$ kPa. Hodnoty majú byť deklarované podľa výrobkovej normy *ČSN EN 16 162 + A1*, ktorá sa odvoláva na skúšobné metódy podľa normy *ČSN EN 12 090* pri meraní na hrúbkach vzoriek 50 mm alebo 60 mm. Pri meraní na takýchto hrúbkach sa hodnoty šmykových parametrov približujú, podľa *QTA* požadovaným hodnotám.

Pri meraní na skutočných hrúbkach tepelnej izolácie (spôsob merania šmykových parametrov zdvojenou metódou uvádzanou v norme *STN EN 12 090*) nedosahujú merané hodnoty požadované vlastnosti. Rovnaké hodnoty sú však určené aj pre lamelové dosky, uvádzané v európskej harmonizovanej norme *prEN 17 237:2019* a v dokumente *ETAG 004,* všetko merané na hrúbke vzorky 50 mm alebo 60 mm podľa *ČSN EN 12 090,* aby sa čo najviac eliminovalo rameno vnútorných síl, spôsobujúce ohybový moment. Pre namáhanie ťahom dokument určuje minimálne hodnoty pevnosti v ťahu (minimálne hodnoty medzného napätia v ťahu) na $TR_{min} \geq 10$ kPa.

STN EN 1991 – 1 – 1 → Eurokód 1. Zaťaženia konštrukcií. Časť 1 - 1: Všeobecné zaťaženia. Objemová tiaž, vlastná tiaž a úžitkové zaťaženia budov

EN 1991 – 1 - 1 uvádza návrhový postup a zaťaženia pre navrhovanie konštrukcií budov a inžinierskych stavieb vrátane niektorých geotechnických hľadísk pre objemovú tiaž stavebných a skladovaných materiálov; vlastnú tiaž stavebných objektov; úžitkové zaťaženia budov. Podľa daného eurokódu je v tomto posudku navrhované zaťaženie vlastnou tiažou jednotlivých častí systému ETICS.

STN EN 1991 – 1 – 4/NA → Eurokód 1. Zaťaženia konštrukcií. Časť 1 - 4: Všeobecné zaťaženia. Zaťaženie vetrom

STN EN 1991 – 1 – 4/NA uvádza návod na stanovenie zaťaženia vetrom pri navrhovaní konštrukcií budov a inžinierskych stavieb. Podľa tejto normy sa postupovalo v tomto posudku pri návrhu zaťaženia vetrom na kontaktný zatepľovací systém ETICS.

STN EN 13162 + A1 → Tepelnoizolačné výrobky pre budovy. Prefabrikované výrobky z minerálnej vlny (MW). Špecifikácia

Táto európska norma špecifikuje požiadavky na prefabrikované výrobky z minerálnej vlny s povrchovou úpravou alebo bez nej, používané na tepelnú izoláciu v budovách. Výrobky sa zhotovujú vo forme pásov, zvitkov, plsti alebo dosiek. Táto európska norma sa vzťahuje aj na výrobky používané v prefabrikovaných tepelnoizolačných systémoch a kompozitných paneloch; nezahŕňa však ukazovatele úžitkových vlastností systémov obsahujúcich tieto výrobky, špecifikuje vlastnosti výrobkov a zahŕňa postupy skúšania, hodnotenia zhody, označovania a etiketovania.

Avšak nestanovuje požadovanú úroveň danej vlastnosti, ktorú má výrobok dosiahnuť, aby sa preukázala jeho spôsobilosť na konkrétny účel použitia. Úrovne požadované na daný účel použitia možno nájsť v predpisoch alebo normách, ktoré nie sú v rozpore s touto normou. Táto európska norma sa nevzťahuje na výrobky tvarované na mieste použitia (zahrnuté v častiach 1 a 2 EN 14064) a na výrobky určené na izoláciu zariadenia budov a priemyselných zariadení.

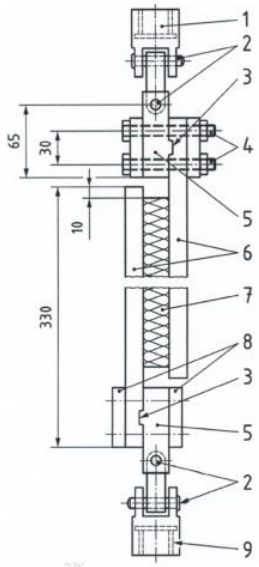
STN 73 2901 → Zhotovovanie vonkajších tepelnoizolačných kontaktných systémov (ETICS)

Táto norma určuje technické požiadavky na zhotovovanie vonkajších tepelnoizolačných kontaktných systémov (ETICS) s tepelnou izoláciou na báze expandovaného (penového) polystyrénu (EPS), na báze minerálnej vlny (MW) a primerane na báze iných tepelných izolácií,

napr. fenolovej peny (PF), polyuretánu (PU) s konečnou povrchovou úpravou omietkou alebo omietkou s náterom, spájaných s podkladom pomocou lepiacej hmoty alebo lepiacej hmoty a rozperných kotiev, ktoré výrobca dodáva na trh ako ucelený systém. ETICS predovšetkým zabezpečuje tepelnú ochranu budovy a jej ochranu pred klimatickými vplyvmi. Nezabezpečuje vzduchotesnosť zatepľovanej stavebnej konštrukcie, ktorá sa dosiahne stavebnými prácami pri zhotovovaní ETICS.

STN EN 12090 → Tepelnoizolačné výrobky pre stavebníctvo. Stanovenie správania pri namáhaní šmykom

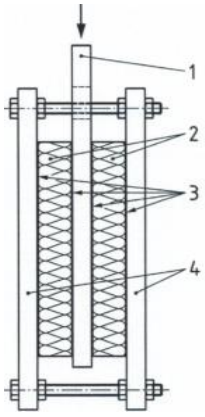
Táto európska norma určuje zariadenia a postupy stanovenia správania pri namáhaní šmykom. Vzťahuje sa na tepelnoizolačné výrobky.



Dokument uvádza dva princípy merania šmyku. Prvá metóda – *skúška jednoduchým skúšobným telesom* - je na vzorke s hrúbkou 50 mm až 60 mm, aby sa eliminoval účinok ohybového momentu spôsobeného ramenom, ktoré je dané hrúbkou vzorky.

1 - upevňovacia čeľusť prístroja,
2 - spojovacie čapy univerzálneho kĺbu,
3 - pero a drážka,
4 - matice a skrutky podpier;
5 - medzikus,
6 - podpery skúšobného telesa,
7 - skúšobné teleso (dĺžka 250 mm, šírka 50 mm),
8 - zaťažovacie platne,
9 - pohyblivá čeľusť prístroja.

Obrázok 2 Príklad zostavy s jednoduchým skúšobným telesom. Zdroj: STN EN 12 090.



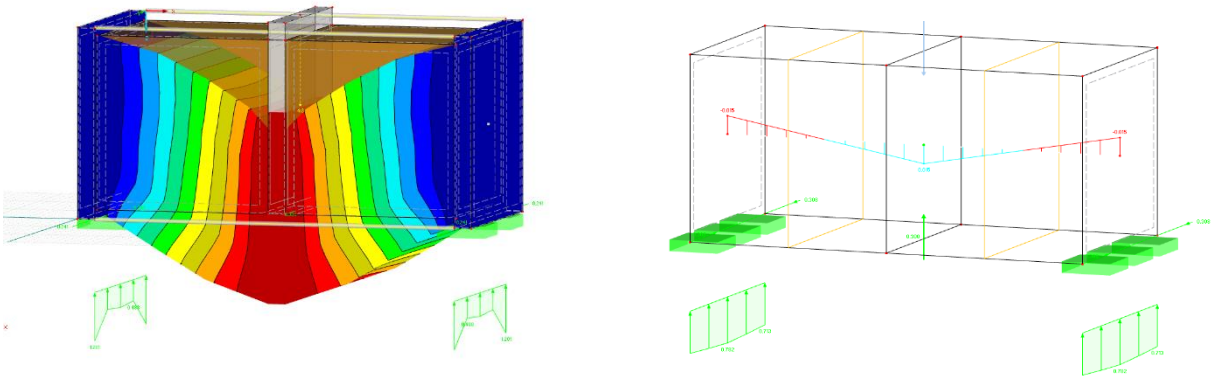
Druhou metódou – *zostava s dvojitým skúšobným telesom* - je zdvojenie vzorky, kde sa merajú šmykové parametre na skutočných hrúbkach tepelného izolantu.

1 - zaťažovacia platňa,
2 - skúšobné teleso (dĺžka 200 mm, šírka 100 mm),
3 - lepidlo,
4 - kovové podpery skúšobného telesa.

Obrázok 3 Príklad zostavy s dvojitým skúšobným telesom. Zdroj: STN EN 12 090.

Pri meraní šmykových parametrov touto metódou, bez patričnej úpravy skúšobného zariadenia, sa však dosahujú podstatne nižšie hodnoty. Pravdepodobne je to vplyvom ohybového momentu, ktorý sa na týchto vzorkách vytvára z dôvodu veľkej hrúbky. Pri tejto

metóde je preto pravdepodobne potrebné zohľadniť účinky ohybového momentu, stanoviť iné pevnostné kritériá a určiť aj iný názov daného parametru, pretože sa nejedná o čistý šmyk. Okrem merania je možné vytvoriť aj numerický experiment tejto metódy na báze výpočtovej analýzy konečných prvkov (obr. 4). Z príkladu je vidieť, že vo vzorke sa okrem šmykových napätí vzniká namáhanie ohybovým momentom, čo sa prejavuje nerovnobežným priebehom deformácií.



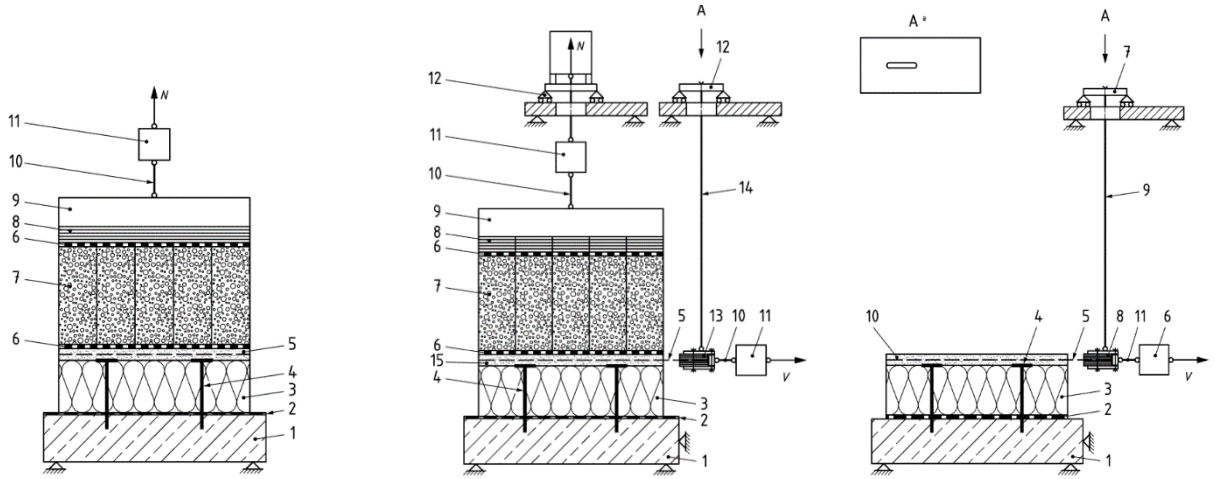
Obrázok 4 Deformácia vzorky vypočítaná metódou konečných prvkov v softvéri Dlubal RFEM (priebeh deformácií vľavo, priebeh ohybového momentu vpravo).

EN 1607:2013 - 09 (72 7051) → Tepelnoizolačné materiály pre stavebníctvo. Stanovenie pevnosti v ťahu kolmo na rovinu dosky

Táto európska norma určuje skúšobné zariadenia a postupy na stanovenie pevnosti v ťahu výrobku kolmo na rovinu jeho povrchu. Platí pre tepelnoizolačné materiály.

EN 13 495:2020 – 04 (72 7071) → Tepelnoizolačné výrobky na používanie v stavebníctve. Stanovenie odolnosti vonkajších kontaktných zatepľovacích systémov (ETICS) proti odtrhnutiu (skúška penových blokov)

Táto európska norma sa zaoberá práve únosnosťou systému ETICS pri zaťažení šmykom, saním vetra a kombináciou oboch zaťažení. Nestanovuje však limitné hodnoty pre deformácie systému a ani minimálne fyzikálno-mechanické vlastnosti komponentov ETICS.



Obrázok 5 Schéma skúšobného zariadenia pre meranie deformácií systému ETICS.
Zdroj: STN EN 13 495:2020 – 04 (72 7071).

Skúšobná zostava pozostáva z častí: 1 - betónová doska (minimálne C12/15),
2 - lepidlo (ak je požadované);
3 - tepelno-izolačný produkt,

4 - mechanické kotviace prvky;
5 - armovacia vrstva (v prípade vertikálneho zaťaženia je výstužná sieťovina armovacej vrstvy prečnievajúca),
6 - lepidlo;
7 - penový blok,
8 - ťahová platňa;
9 - tuhá konštrukcia pre rozloženie zaťaženia,
10 - univerzálne ťahové spojenie umožňujúce vertikálny posun,
11 - snímač zaťaženia,
12 - bočná pohyblivá priečka,
13 - svorka,
14 - upínacia tyč
15 - armovacia vrstva.

Skúšobná metóda pozostáva z konštantného zaťaženia vzorky ťahovou silou, imitujúcou sanie vetra (obr. 5 vľavo), zaťaženia ťahom povrchových úprav ETICS v rovine tepelnoizolačnej dosky (obr. 5 vpravo) alebo kombináciou oboch zaťažení (obr. 5 v strede).

Technické listy výrobkov, ktoré sa používajú ako súčasť zatepľovacieho systému ETICS s tepelnoizolačným materiálom z minerálnych vláken

Technické listy slúžili ako podklad pre určenie objemových hmotností častí systému ETICS pre stanovenie zaťaženia vlastnou tiažou.

Zásahy do nosných konštrukcií panelových bytových domov

Dokument vyžiadaný Ministerstvom výstavby a regionálneho rozvoja Slovenskej republiky a Ústavom vzdelávania a služieb, s.r.o. v spolupráci so Zväzom stavebných podnikateľov Slovenska. Obsahuje podrobný prehľad panelovej výstavby na Slovensku.

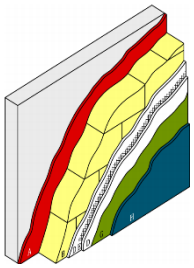
Analýza deformácie minerálnej izolácie v systéme ETICS. Verzia 1.0

Interný dokument vypracovaný Asociáciou výrobcov minerálnych izolácií z.z.p.o. Uvádza základné princípy modelovania fasádneho systému ETICS pomocou konzultácií s vývojárom softvéru Dlubal RFEM (Quality Manager Ing. Adam Vrana) a katedrou Stavebnej mechaniky Slovenskej technickej univerzity v Bratislave (kolektív autorov).

3. Charakteristika posudzovaného systému

Systémom ETICS sa zaoberal technický dokument *ETAG004*, ktorý platil pre Slovenskú republiku od roku 2004. Platnosť tohto dokumentu by mala byť nahradená platnosťou dokumentu *EAD*. Zároveň je v súbehu pripravovaná aj harmonizovaná norma pre ETICS *prEN 17237*. ETICS (external thermal insulation composite system – vonkajší tepelnoizolačný kompozitný systém) sa z konštrukčného hľadiska podľa spôsobu pripevnenia delí na základe harmonizovanej normy na:

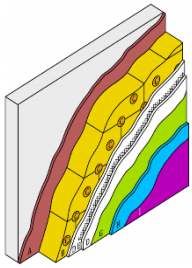
a1) Čisto lepený systém



Obrázok 6 Zdroj: prEN 17237:2018.

Systém je plne lepený (celá plocha tepelnoizolačného výrobku je pokrytá lepidlom) alebo čiastočne lepený systém v pásoch a/alebo bodoch.

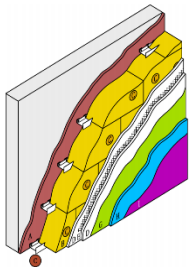
a2) Čisto lepený systém s dočasnými mechanickým zabezpečením



Obrázok 7 Zdroj: prEN 17237:2018.

Zaťaženie je plne prenesené prostredníctvom lepiacej vrstvy na stenu. Mechanické kotvenie slúži na zaistenie stability počas zasychania lepidla

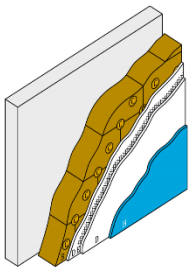
b) Mechanicky kotvený systém s hmoždinkami s doplnkový lepením



Obrázok 8 Zdroj: prEN 17237:2018.

Zaťaženie vetrom je úplne prenesené prostredníctvom mechanických kotiev do steny. Zaťaženie vlastnou tiažou je prenášané prostredníctvom lepiacej vrstvy.

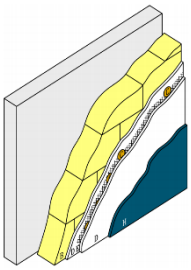
c) Čisto mechanicky kotvený systém s hmoždinkami



Obrázok 9 Zdroj: prEN 17237:2018

Systém je kotvený na stenu len mechanickým kotvením.

d) Čisto mechanicky kotvený systém s hmoždinkami a kovovou sieťovinou



Obrázok 10 Zdroj: prEN 17237:2018.

Pripravovaná harmonizovaná norma *prEN 17237:2018* uvažuje aj s viacerými typmi tepelnoizolačných výrobkov, ktoré sú uvedené v tabuľke (tab. 1).

Tento posudok sa zaoberá systémom kotvenia *b - mechanicky kotvený systém s hmoždinkami s doplnkovým lepením* pre doskové tepelnoizolačné materiály na báze minerálnych vláken,

ktorý je v príslušnej tabuľke (zelené zvýraznenie). Novšia verzia pripravovanej harmonizovanej normy už ponúka 8 typov kotvení, pričom nami posudzovaný systém, ostáva nemenný.

4. Výpočet zaťaženia

Výpočet zaťaženia vlastnou tiažou systému ETICS

Výpočet zaťaženia vlastnou tiažou pozostával z analýzy jednotlivých komponentov systému ETICS, ktoré sú dostupné na súčasnom trhu a sú zaradené do dokumentácie *ETA* pre konkrétnu skladbu systému ETICS a z výrobných možností pre fasádne dosky na báze minerálnych vláken. Následne sa postupovalo podľa eurokódu *STN EN 1991 – 1 – 1*.

Pre výpočet zaťaženia bolo uvažované s gravitačnou konštantou $\boldsymbol{g = 9{,}81\ m.s^{-1}}$.

Lepiaca malta pre systémy ETICS s tepelným izolantom na báze minerálnych vláken – $g_{k,1}$

Z prieskumu trhu bola zistená maximálna hodnota objemovej hmotnosti pre lepiacu maltu 1600 kg/m^3. V posudku sa uvažovalo s maximálnou hodnotou spotreby materiálu 6 kg/m^2, ktorá bola udávaná v technických listoch výrobcov (Príloha 2).

Charakteristické zaťaženie vlastnou tiažou – Lepiaca malta	$g_{k,1}$ =	max (g) =	0,0589	kN/m^2

Tepelná izolácia na báze minerálnych vláken – $g_{k,2}$

Z prieskumu existujúcich tepelnoizolačných výrobkov na báze minerálnych vláken používaných v systéme ETICS, bola zistená maximálna hodnota objemovej hmotnosti fasádnej dosky 110 kg/m^3 (Príloha 2). Napriek snahe o znižovanie objemovej hmotnosti, následkom čoho dochádza k zlepšovanie tepelnotechnických parametrov výrobkov na báze minerálnych vláken, bolo v posudku uvažované s maximálnou objemovou hmotnosťou 150 kg/m^3, čo je hraničná hodnota vyrobiteľnosti fasádnych dosiek z minerálnych vláken pri hrúbke materiálu do 200 mm s deklarovanou hodnotou TR = 10 kPa. Táto hodnota maximálnej objemovej hmotnosti je potvrdená vedúcimi výrobných procesov výrobcov minerálnej izolácie, ktorí sú členmi AVMI (Príloha 10).

Charakteristické zaťaženie vlastnou tiažou – Tepelná izolácia	$g_{k,2}$ =	max (g) =	0,2747	kN/m^2

Armovacia stierka – $g_{k,3}$

Z analýzy trhu a prieskumu bola zistená maximálna hodnota objemovej hmotnosti 1600 kg/m^3. V posudku sa uvažovalo s maximálnou hodnotou spotreby materiálu 7 kg/m^2, ktorá bola udávaná v technických listoch výrobcov (Príloha 2).

Charakteristické zaťaženie vlastnou tiažou - Armovacia stierka	$g_{k,3}$ =	max (g) =	0,0687	kN/m^2

Armovacia sieťovina – $g_{k,4}$

Rovnako ako v predchádzajúcom prípade, aj pri určení zaťaženia armovacou sieťovinou sa vychádza z prieskumu trhu. Maximálna plošná hmotnosť armovacej sieťoviny bola stanovená na 165 g/m^2 (Príloha 2).

Charakteristické zaťaženie vlastnou tiažou - Armovacia sieťovina	$g_{k,4}$ =	max (g) =	0,0016	kN/m^2

Omietka – $g_{k,5}$

Taktiež sa pri určení zaťaženia omietkou sa vychádza z prieskumu trhu. Maximálna hodnota objemovej hmotnosti fasádnej omietky pre systém ETICS dosahovala 1900 kg/m^3. V posudku však sa uvažovalo s maximálnou hodnotou spotreby materiálu 4,5 kg/m^2, ktorá bola udávaná v technických listoch výrobcov (Príloha 2).

Charakteristické zaťaženie vlastnou tiažou - Omietka	$g_{k,5}$ =	*max (g)* =	0,0441	kN/m^2

Celkové zaťaženie vlastnou tiažou

Súčet čiastkových zaťažení povrchovými vrstvami systému ETICS bol porovnaný s návrhovou plošnou hmotnosťou povrchových vrstiev udávaných *v prEN 17 237:2020*, ktorá udáva maximálnu plošnú hmotnosť pre tieto vrstvy 20 kg/m^2.

Keďže norma *prEN 17 237:2019* udáva vyššiu plošnú hmotnosť ako bola stanovená prehľadom komponentov, pre výpočet zaťaženia sa uvažovalo s touto vyššou hodnotou zaťaženia:

Charakteristické zaťaženie vlastnou tiažou - povrchové vrstvy podľa *prEN 17 237:2020*	$g_{k,6}$ =	max (*g*) =	0,196	kN/m^2

V posúdení minimálnych fyzikálno-mechanických vlastností pre tepelnoizolačné dosky na báze minerálnych vláken sa uvažovalo so súčtom zaťažení $g_{k,2}$ a $g_{k,6}$. Zaťaženie od lepiacej malty $g_{k,1}$ nevytvára zaťaženie od vlastnej tiaže na tepelnoizolačné dosky systému ETICS. Celkové zaťaženie bolo kvôli variáciám výpočtu rozdelené s uvažovaním vlastnej hmotnosti systému ETICS $g_{k,ETICS}$, vlastnej hmotnosti tepelnoizolačných dosiek $g_{d,MW}$ a len vlastnej hmotnosti povrchových úprav ETICS g_k. Charakteristické zaťaženie bolo prepočítané na návrhové zaťaženie $g_{d,ETICS}$, $g_{d,MW}$ a g_d, prenásobením charakteristického zaťaženia parciálnym súčiniteľom γ_g. Výsledné hodnoty zaťažení a ich kombinácie sú znázornené v tabuľke 2.

Charakteristické plošné zaťaženie vlastnou tiažou ETICS			$g_{k,ETICS} = g_{k,2} + g_{k,6}$ =	**0,440**	kN/m^2
Charakteristické plošné zaťaženie vlastnou tiažou MW			$g_{k,MW} = g_{k,2}$ =	**0,294**	kN/m^2
Charakteristické plošné zaťaženie vlastnou tiažou bez MW			$g_k = g_{k,6}$ =	**0,145**	kN/m^2
Návrhové plošné zaťaženie vlastnou tiažou ETICS	γ_g =	**1,35**	$g_{d,ETICS} = g_{k,ETICS} \times \gamma_g$ =	**0,594**	kN/m^2
Návrhové plošné zaťaženie vlastnou tiažou MW	γ_g =	**1,35**	$g_{d,MW} = g_{k,MW} \times \gamma_g$ =	**0,397**	kN/m^2
Návrhové plošné zaťaženie vlastnou tiažou bez MW	γ_g =	**1,35**	$g_d = g_k \times \gamma_g$ =	**0,196**	kN/m^2

Tabuľka 2 Charakteristické a návrhové hodnoty zaťažení.

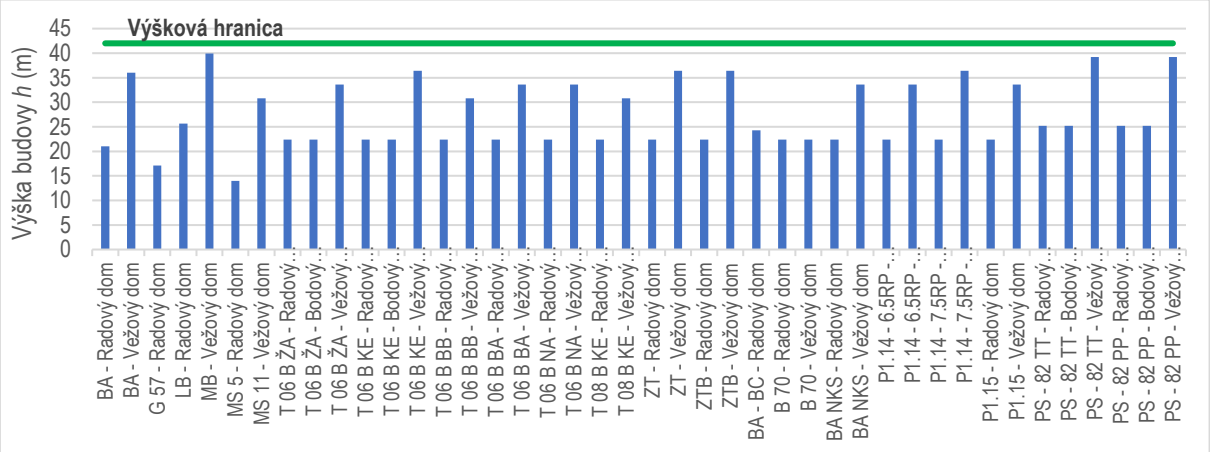
Výpočet zaťaženia vetrom

Na zaťaženie vetrom vplývajú viaceré faktory. Zaťaženie vetrom bolo v posudku určené podľa eurokódu *STN EN 1991 – 1 – 4/NA*. Základnými parametrami pre stanovenie zaťaženia vetrom sú výška budovy *h*, kategória terénu a fundamentálna hodnota základnej rýchlosti vetra $v_{b,0}$.

Výška budovy

Určenie výšky budovy bolo založené na základe analýzy panelovej výstavby, ktorá je v posledných rokoch najobnovovanejšou kategóriou z hľadiska tepelnej techniky. Práve na tieto stavby sa aplikuje ETICS vo väčších výškach, kde je zvýšené namáhanie fasádneho systému vplyvom sania alebo tlaku vetra.

Na Slovensku bolo realizovaných 15 typov panelových domov (Príloha 4), ktorých maximálny počet podlaží v závislosti od typu dosahoval od 7 do 13, čo je podľa konštrukčnej výšky jednotlivých typov 14 až 39,90 m (obr. 11). Ak vezmeme do úvahy, že väčšina panelových domov obsahuje zvýšené podlažie a atiku na konštrukcii strechy, maximálna výška by bola približne 42 m.



Obrázok 11 Prehľad výškových pomerov panelovej výstavby na Slovensku. Zdroj: Zásahy do nosných konštrukcií panelových bytových domov (ISBN-978-80-89073-14-6).

Ak vezmeme do úvahy, že väčšina panelových domov obsahuje zvýšené podlažie a atiku na konštrukcii strechy, maximálna výška by bolo približne 45 m. Zaťaženie vetrom je preto v posudku uvažované vo výške 50 m nad terénom, aby boli pokryté anomálie výšok panelovej výstavby.

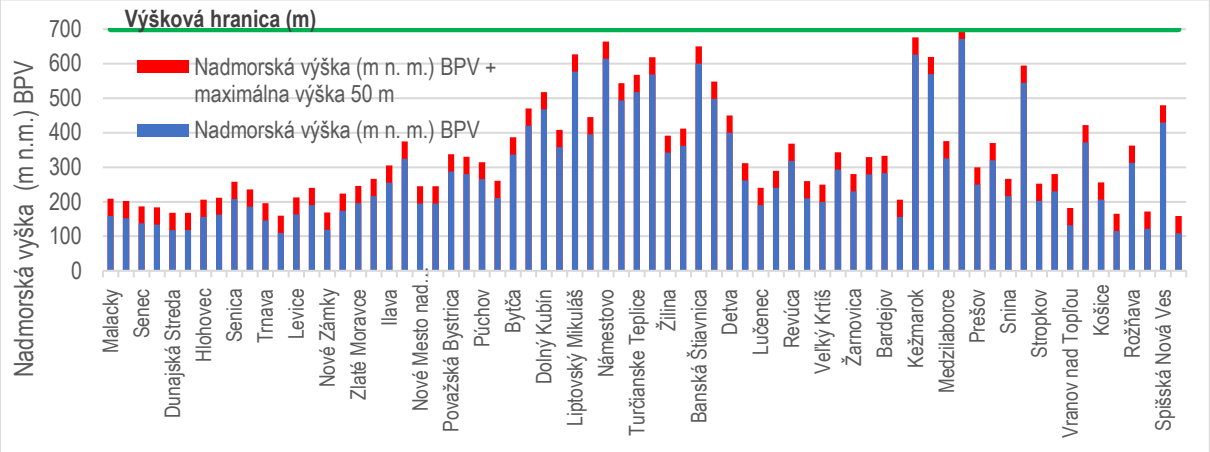
Kategória terénu

Vzhľadom na výstavbu panelových budov, alebo vysokých budov, sa pre výpočet zaťaženia vetrom použili charakteristiky kategórie terénu III:

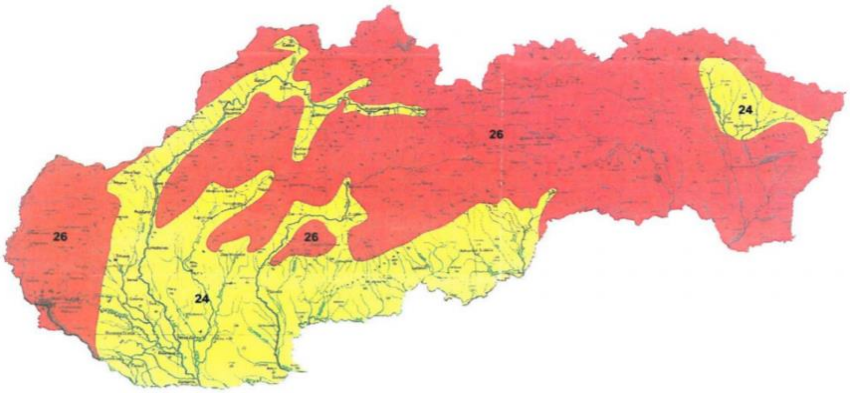
„Plochy pravidelne pokryté vegetáciou alebo budovami, prekážkami, ktoré sú od seba vzdialené najviac 20-násobok ich výšky (dediny, predmestia, súvislý les).“

Stredná rýchlosť vetra

Územie Slovenskej republiky je charakterizované dvomi fundamentálnymi hodnotami základnej rýchlosti vetra $v_{b,0}$ do nadmorskej výšky 700 m n. m, do ktorej spadajú všetky okresné mesta na Slovensku (obr. 12) (Príloha 3). Jedná sa o rýchlosti 24 m/s a 26 m/s. Z hľadiska bezpečnosti a prevládajúcej časti územia, bolo v posudku uvažované s vyššou hodnotou rýchlosti vetra (obr. 13).



Obrázok 12 Nadmorská výška okresných miest na Slovensku s prirážkou maximálnej výšky budovy (Príloha 3).



Obrázok 13 Schéma veterných oblastí pre Slovenskú republiku Zdroj: STN EN 1991 – 1 – 4/NA.

Zaťaženie vetrom

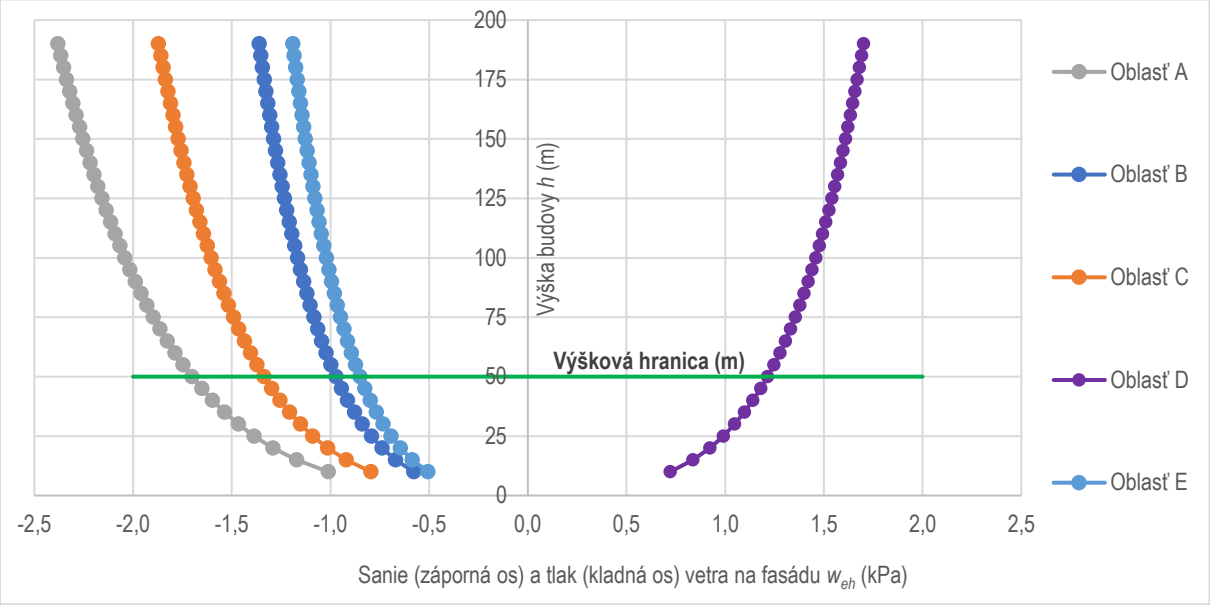
Výsledné zaťaženie bolo vypočítané podľa jednotlivých oblastí budovy, na ktoré pôsobí tlak alebo sanie vetra podľa *STN EN 1991 – 1 – 4/NA* (Príloha 4). Uvažované hodnoty zaťažení boli maximálna hodnota sania vetra $w_{eh,A}$ (oblasť budovy *A*) a tlaku vetra $w_{eh,D}$ (oblasť budovy *D*) (obr. 14 a 16) vo výške 50 m, z ktorých boli vypočítané návrhové hodnoty pomocou parciálneho súčiniteľa.

Charakteristické plošné zaťaženie vetrom - sanie			$q_{w,k} = w_{eh,A} =$	**-1,701** kN/m²
Návrhové plošné zaťaženie vetrom - sanie	$\gamma_q =$	**1,5**	$q_{w,d} = q_k \times \gamma_q =$	**-2,551** kN/m²

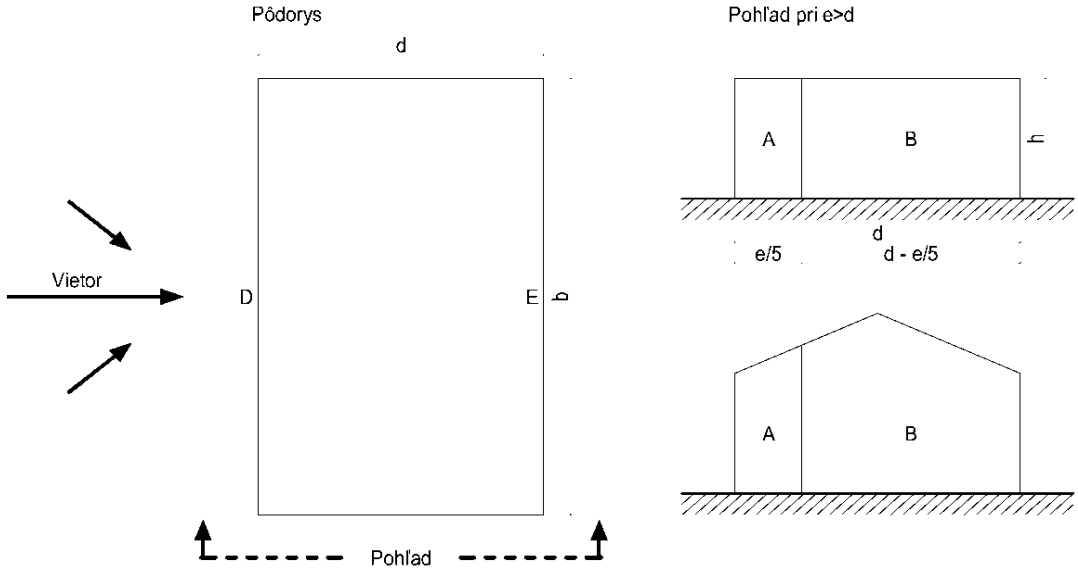
Tabuľka 3 Zaťaženie maximálnym saním vetra.

Charakteristické plošné zaťaženie vetrom - tlak			$q_{w,k} = w_{eh,D} =$	**1,215** kN/m²
Návrhové plošné zaťaženie vetrom - tlak	$\gamma_q =$	**1,5**	$q_{w,d} = q_k \times \gamma_q =$	**1,822** kN/m²

Tabuľka 4 Zaťaženie maximálnym tlakom vetra



Obrázok 14 Zaťaženie vetrom na jednotlivé časti fasády



Obrázok 15 Schéma oblastí pre zaťaženie vetrom podľa STN EN 1991 - 1 – 4/NA.

5. Medzný stav únosnosti (MSÚ)

Posúdenie medzného stavu únosnosti slúži na overenie stability systému, či vplyvom zaťaženia nedôjde k jeho kolapsu. Pre jeho účely sa charakteristické hodnoty zaťažení navyšujú parciálnymi súčiniteľmi zaťažení a únosnosť materiálu sa znižuje parciálnymi súčiniteľmi materiálu Υ.

Pre náhodilé zaťaženie (t.j. zaťaženie vetrom) sa navyšuje jeho charakteristická hodnota prenásobením parciálnym súčiniteľom Υ_q = 1,5 (t.j. navýšenie o 50 %). Pre stále zaťaženie (t.j. zaťaženie vlastnou tiažou) sa jeho charakteristická hodnota navyšuje prenásobením parciálnym súčiniteľom Υ_g = 1,35 (t.j. navýšenie o 35 %) podľa eurokódu *STN EN 1991 - 1 – 1*.

Únosnosť materiálu s znižuje predelením charakteristickej hodnoty únosnosti materiálu Υ_M. Pre materiály na báze minerálnych vláken, tento parciálny súčiniteľ nie je definovaný eurokódom a závisí od viacerých faktorov (4.3.30):

- *odchýlky vo výrobe tepelnoizolačných materiálov,*
- *odchýlky vo výrobe ostatných použitých materiálov,*
- *chyby pri skladovaní v celom procese použitia,*
- *chyby a nedostatky aplikácie na stavbe,*
- *vplyv oslabenia kontaktnej plochy tanierikov hmoždiniek všeobecného priemeru a počtu,*
- *nanášanie a zrenie základnej vrstvy za nevhodných vonkajších teplôt,*
- *dlhodobý vplyv vlhkosti v podklade,*
- *odchýlky vo vlastnostiach materiálu pri počiatočných skúškach typu,*
- *vplyv bežného starnutia použitých materiálov,*
- *vplyv chyb a nedostatkov v detailoch ETICS,*
- *iné nešpecifikované vplyvy, vrátane chyby pri odhade vplyvov,*
- *vplyv vlastnej hmotnosti,*
- *vplyv opakovaného zaťaženia teplotou,*
- *vplyv opakovaného zaťaženia vetrom.*

Po zohľadnení vyššie spomenutých bodov, bol parciálny súčiniteľ pre minerálnu izoláciu zvolený podľa podstaty nosného prvku v systéme ETICS a počtu bodov, ktoré sa týkajú práve minerálnej izolácie v systéme ETICS ako 2/3 z hodnoty parciálneho súčiniteľa (4.3.30) $\Upsilon_{M,ETICS}$ (1):

$$\Upsilon_{M,MW} = \frac{2}{3} \times \Upsilon_{M,ETICS}$$

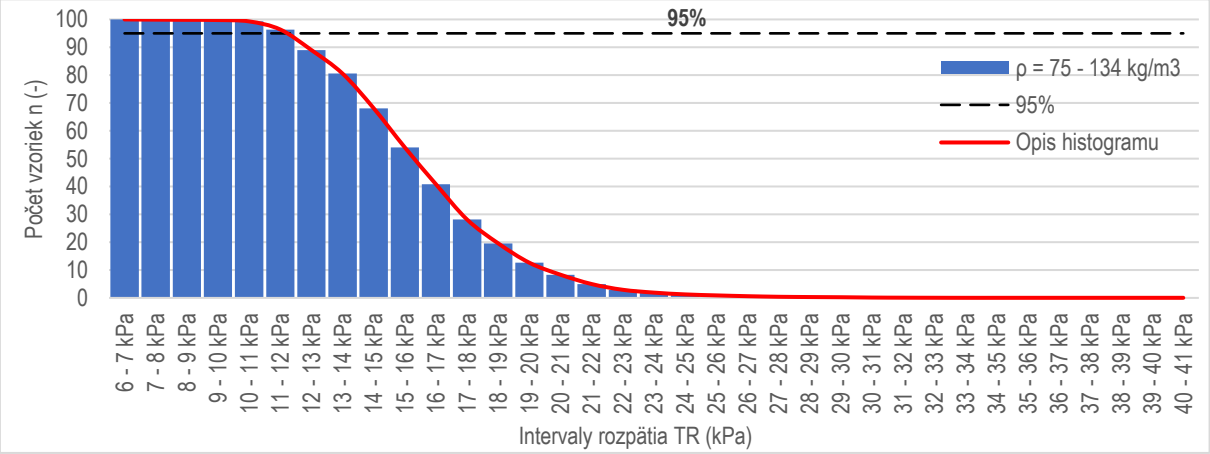
$$\Upsilon_{M,MW} = \frac{2}{3} \times 4{,}1 \qquad (1)$$

$$\Upsilon_{M,MW} = 2{,}73$$

Pre overenie dostatočnej hodnoty parciálneho súčiniteľa $\Upsilon_{M,MW}$ bola vykonaná analýza interných meraní hodnôt TR, ktoré prebiehajú počas výroby a kontroly kvality výrobcov minerálnych izolácií, ktorí sú členmi AVMI.

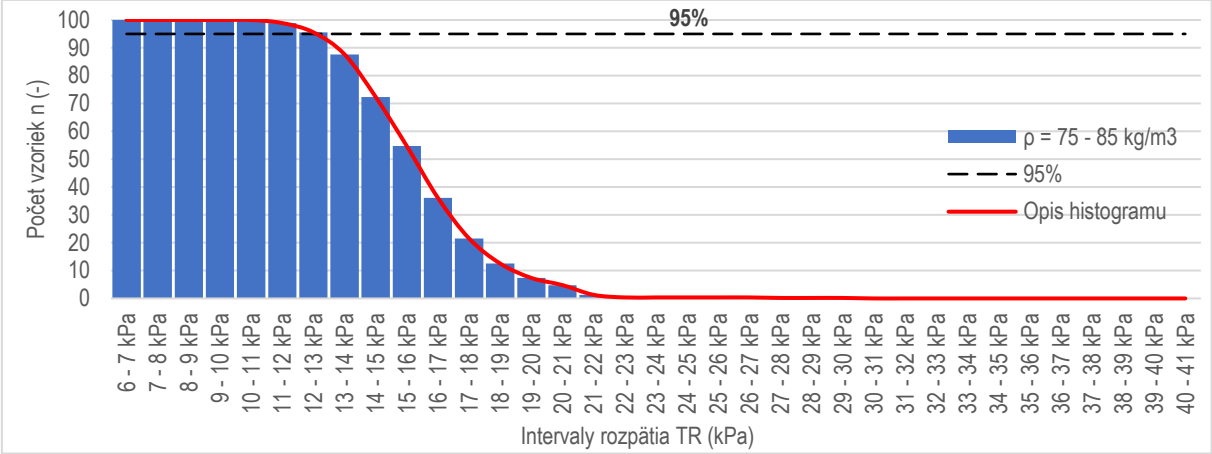
Na základe kumulatívneho histogramu bola odčítaná hodnota $TR_{95\%}$, t.j. hodnota, pod ktorú padne 5 % meraných vzoriek s deklarovanou hodnotou TR = 10 kPa. Informatívna hodnota parciálneho súčiniteľa $\Upsilon_{M,TR}$ je vypočítaná podľa vzťahu (2):

$$\gamma_{M,TR} = \frac{TR_d}{TR_{95\%}} = \frac{10\ kPa}{11\ kPa} = 0{,}9 => 1 \qquad (2)$$

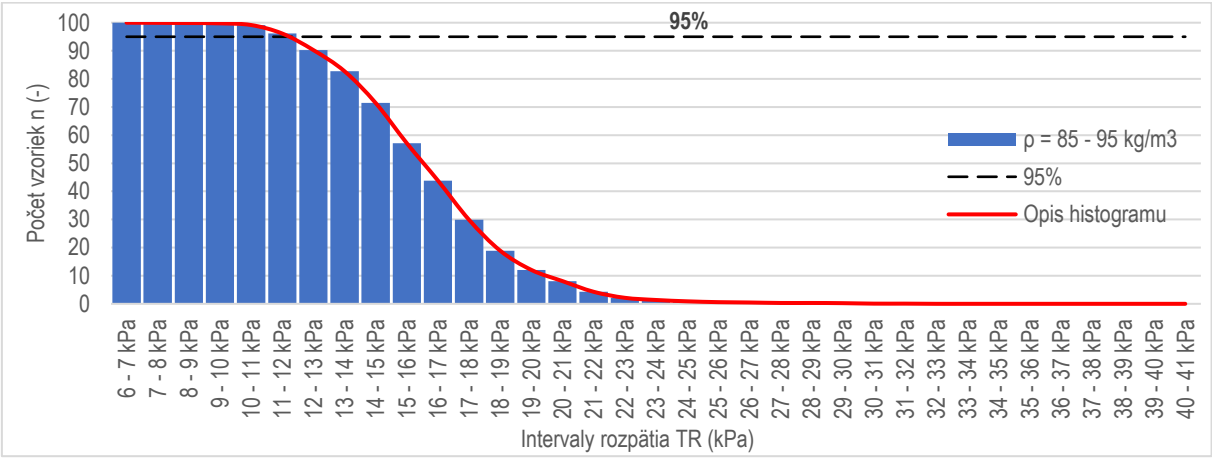


Obrázok 16 Histogram medznej sily v ťahu interných meraní členov AVMI pre vzorky s deklarovanou hodnotou TR = 10 kPa pre všetky objemové hmotnosti (ρ = 75 – 134 kg/m³).

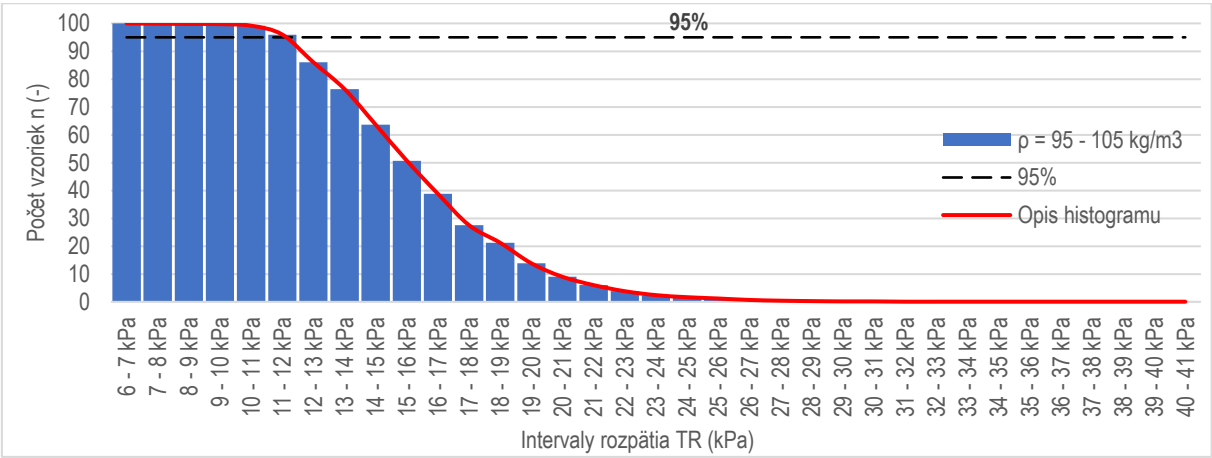
Analyzované boli aj vzorky v rámci rôznych intervalov objemovej hmotnosti. Interval medznej sily so spoľahlivosťou 95 % dosahoval pre medznú silu v ťahu kolmo na rovinu dosky taktiež rovnaké hodnoty alebo vyššie hodnoty ako je deklarované výrobcami (obr. 17 – 19).



Obrázok 17 Histogram medznej sily v ťahu interných meraní členov AVMI pre vzorky s deklarovanou hodnotou TR = 10 kPa pre objemové hmotnosti ρ = 75 – 85 kg/m³.



Obrázok 18 Histogram medznej sily v ťahu interných meraní členov AVMI pre vzorky s deklarovanou hodnotou TR = 10 kPa pre objemové hmotnosti ρ = 85 – 95 kg/m³.



Obrázok 19 Histogram medznej sily v ťahu interných meraní členov AVMI pre vzorky s deklarovanou hodnotou TR = 10 kPa pre objemové hmotnosti ρ = 95 – 105 kg/m³.

Z informačnej analýzy kvality výrobku pre parameter *TR* vyplýva, že hodnoty deklarované výrobcami sú v 98 % nižšie ako nimi merané hodnoty vzoriek. Preto použitie parciálneho súčiniteľa $\gamma_{M,MW}$ = 2 ,73 sa javí ako dostatočné zhoršenie deklarovaných parametrov.

Posúdenie medzného stavu únosnosti MW v ťahu (*TR*)

Stanovenie charakteristickej minimálnej medznej únosnosti materiálu na báze minerálnych vláken v ťahu vychádza z predpokladu posúdenia únosnosti v ťahu. Pre deklarovanú charakteristickú pevnosť v ťahu TR_k = 10 kPa môžeme maximálnu výšku budovy stanoviť na základe maximálneho namáhania saním na budove ako: (3):

$$\begin{gathered} TR_{Rd} \geq q_{w,d} \\ \frac{TR_k}{\gamma_M} \times \geq w_{eh,A} \times \gamma_g \\ \frac{TR_k}{\gamma_M \times \gamma_g} \geq w_{eh,A} \\ \frac{10\ kPa}{2{,}73 \times 1{,}5} \geq w_{eh,A} \\ 2{,}44\ kPa \geq w_{eh,A} \end{gathered} \tag{3}$$

, kde je TR_{Rd} - návrhová odolnosť materiálu v ťahu (kPa),

$q_{w,d}$ - návrhové zaťaženie v ťahu (kN/m^2),

γ_M - parciálny súčiniteľ materiálu (pre MW γ_M = 2,73),

γ_q - parciálny súčiniteľ náhodilého zaťaženia (γ_q = 1,5),

TR_k - charakteristická odolnosť materiálu v ťahu (kPa),

$w_{eh,A}$ - charakteristické zaťaženie v ťahu vo výške (kN/m^2).

Na základe výpočtu v prílohe 5 a analýzy výšky panelových domov na území Slovenska (Príloha 3), je možné minimálnu medznú charakteristickú deklarovanú únosnosť v ťahu TR_k = 10 kPa, pre dosky s pozdĺžnou orientáciou vláken pre systém ETICS, vo všeobecnosti použiť na budovy do výšky 190 m do nadmorskej výšky 700 m n. m. pre kategóriu terénu III. (platí z hľadiska posúdenia MSÚ pri zohľadnení parametra *TR*).

Posúdenie medzného stavu únosnosti MW v šmyku (*SS*)

Stanovenie charakteristickej minimálnej medznej únosnosti materiálu na báze minerálnych vláken v šmyku vychádza z predpokladu posúdenia únosnosti v šmyku (4):

$$\begin{gathered} SS_{Rd} \geq g_{d,ETICS} \\ \frac{SS_k}{\gamma_M} \times \geq g_{k,ETICS} \times \gamma_q \\ SS_k \geq g_{k,ETICS} \times \gamma_q \times \gamma_M \\ SS_k \geq 0{,}491 \times 1{,}35 \times 2{,}73 \\ SS_k \geq 1{,}81\ kPa \end{gathered} \tag{4}$$

, kde je SS_{Rd} - návrhová odolnosť materiálu v šmyku (kPa),

$g_{d,ETICS}$ - návrhové zaťaženie v šmyku (kN/m^2),

γ_M - parciálny súčiniteľ materiálu (pre MW γ_M = 2,73),

γ_q - parciálny súčiniteľ náhodilého zaťaženia (γ_q = 1,5),

SS_k - charakteristická odolnosť materiálu v šmyku (kPa),

$g_{k,ETICS}$ - charakteristické zaťaženie v šmyku (kN/m^2).

Na základe analýzy vlastnej hmotnosti ETICS (Príloha 2) je možné požiadavky na minimálnu medznú únosnosť v šmyku SS_k, pre dosky s pozdĺžnou orientáciou vláken pre systém ETICS, vo všeobecnosti stanoviť na $SS_k \geq 1{,}81$ kPa.

6. Medzný stav použiteľnosti (MSP)

Medzný stav použiteľnosti sa podľa eurokódu *STN EN 1991 - 1 – 1* posudzuje z charakteristických hodnôt zaťaženia.

Pre čo najpresnejší výpočet deformácií minerálnej izolácie a následnú analýzu výsledkov s cieľov stanoviť jej minimálne fyzikálno-mechanické vlastnosti, bol vykonaný súbor meraní fyzikálno-mechanických vlastností dosiek z minerálnej izolácie určených pre systém ETICS. Meranie zároveň slúžilo na overenie výpočtu pomocou simulácie prostredníctvom softvéru Dlubal RFEM. Z meraných hodnôt boli odčítané fyzikálno-mechanické parametre testovaných vzoriek. Spôsob merania vzorky bol simulovaný softvérom s využitím vstupných parametrov meraného materiálu a potom porovnaný s výsledkami simulácie. Výsledky simulácie dosahovali rovnaké výsledky ako meraná vzorka pri namáhaní ťahom a tlakom (Príloha 6). Meranie šmykových vlastností metódou podľa normy *STN EN 12090* pomocou zdvojeného skúšobného telesa vykazovalo odchýlky meraní od simulácie. To je pravdepodobne spôsobené vplyvom ohybového momentu vzorky, kde svoju úlohu pri ťahu odohrá modul pružnosti v ťahu. Keďže vzorky pre ťah a šmyk pochádzali z rozdielnych dosiek, hoci rovnakej šarže, moduly pružností sa vo vzorkách mohli líšiť. To má za následok vznik odchýlok.

Okrajové podmienky

Posudok sa venuje stanoveniu minimálnych fyzikálno-mechanických parametrov pre hrúbky tepelnej izolácie na báze minerálnych vláken do 200 mm a na tejto hrúbke boli analyzované aj prípadné maximálne deformácie.

1. skupina okrajových podmienok - Meranie pevnostných parametrov tepelnoizolačných materiálov na báze minerálnych vláken vo forme dosiek s pozdĺžnou orientáciou vláken, stanovenie elastických hraníc deformácií

Merania pevnostných charakteristík boli uskutočnene v certifikovanom laboratóriu - Technický a zkušební ústav Praha, s. p. pobočka Brno. Protokoly meraní sú externou súčasťou tohto posudku a tento posudok na výsledky meraní priamo nadväzuje. Z uskutočnených meraní bolo možné stanoviť hranicu elastickej deformácie materiálu pre namáhanie ťahom v rovine dosky v smere „*x*“ namáhanie tlakom v smere „-*x*“ a namáhanie šmykom v rovine „*yz*“ v smere „*y*“ a „*z*“. Taktiež bolo možné, na základe pracovných diagramov vzoriek, určiť medzné napätia v ťahu, tlaku a šmyku.

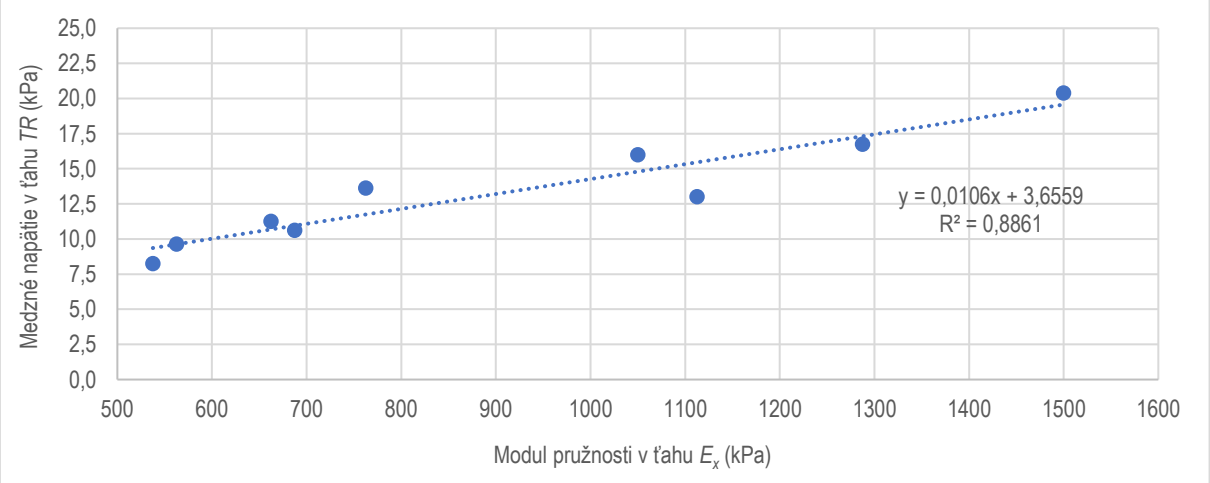
Tieto hraničné hodnoty slúžia v posudku ako okrajové podmienky, kde deformácia od návrhového zaťaženia nesmie presiahnuť hranicu elastickej deformácie, a tak vytvoriť plastické pretvorenia. Merané boli tri druhy tepelnoizolačných dosiek na báze minerálnych vláken s pozdĺžnou orientáciou vláken, ktoré sa od seba odlišovali objemovými hodnotami a súčiniteľom tepelnej vodivosti λ. Hrúbka všetkých dosiek bola 200 mm. Všetky výrobky mali rovnakú deklarovanú hodnotu minimálnej odolnosti v ťahu (medzné napätie v ťahu) TR = 10 kPa.

Prvý druh bol označený ako *A* a priemerná objemová hmotnosť dosiek dosahovala 98,4 kg/m^3. Z daného druhu boli merané dve vzorky *A-1* a *A-2* na modul pružnosti v ťahu, tlaku a šmyku a medzné napätie v ťahu, tlaku a šmyku. Pri meraní modulu pružnosti v šmyku boli merané dve polohy vzorky, t.j. vertikálna orientácia vláken, označená ako *A-B* ↕ a horizontálna orientácia vláken označená ako smer *C-D* ↔. Hranica elastickej deformácie bola na základe meraní vzoriek pre namáhanie ťahom stanovená na 2 mm, 5 mm pre namáhanie tlakom a 2 mm pre namáhanie šmykom v oboch skúmaných smeroch. Priemerná hodnota medznej únosnosti v ťahu bola *TR* = 18 kPa, priemerná hodnota medznej únosnosti v tlaku bola *CS(10)* = 40 kPa, a priemerná hodnota medznej únosnosti v šmyku v smere *A-B* ↕ $SS_{,A-B}$ = 11 kPa a v smere *C-D* ↔ $SS_{,C-D}$ = 10 kPa. Priebehy pracovných diagramov jednotlivých vzoriek namáhaných ťahom, sú znázornené v prílohe (Príloha 6).

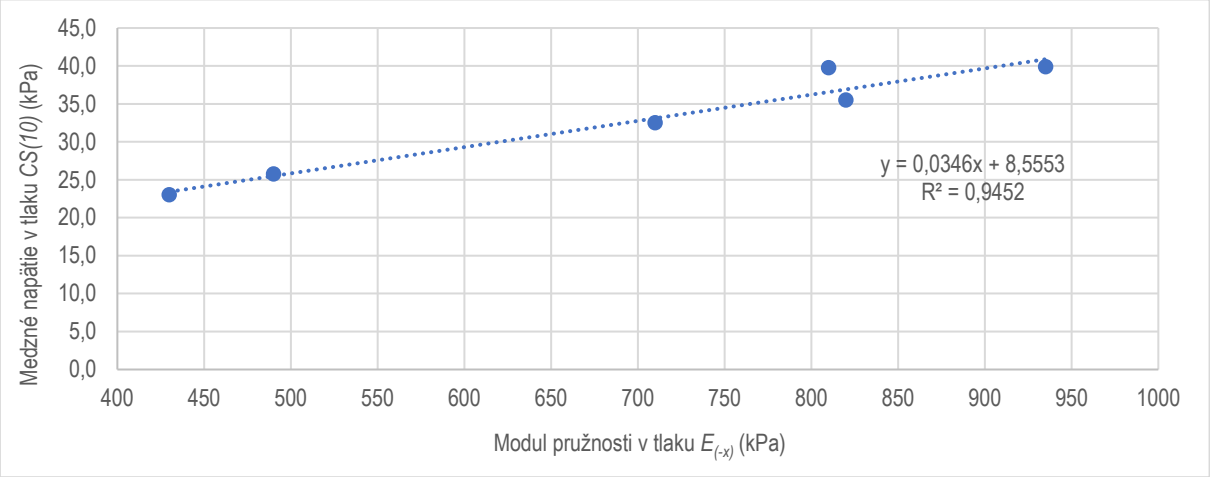
Druhý druh bol označený ako *B* a priemerná objemová hmotnosť bola veľmi podobná ako v predchádzajúcom prípade a dosahovala 96,0 kg/m^3. Z daného druhu boli merané taktiež dve vzorky *B-1* a *B-2* na modul pružnosti v ťahu, tlaku a šmyku a medzné napätie v ťahu, tlaku a šmyku. Pri meraní modulu pružnosti v šmyku boli merané dve polohy vzorky. Hranica elastickej deformácie bola na základe meraní vzoriek pre namáhanie ťahom stanovená na 2 mm, 5 mm pre namáhanie tlakom a 2 mm pre namáhanie šmykom v oboch skúmaných smeroch. Priemerná hodnota medznej únosnosti v ťahu bola *TR* = 14 kPa, priemerná hodnota medznej únosnosti v tlaku bola *CS(10)* = 34 kPa, a priemerná hodnota medznej únosnosti v šmyku v smere *A-B* ↔ $SS_{,A-B}$ = 10 kPa a v smere *C-D* ↕ $SS_{,C-D}$ = 13 kPa. Priebehy pracovných diagramov jednotlivých vzoriek namáhaných ťahom, sú znázornené v prílohe (Príloha 6).

Tretím druh bol označený ako *C* a priemerná objemová hmotnosť dosiek dosahovala len 82,0 kg/m^3. Z daného druhu bolo meraných 5 vzoriek *C-1* až *C-5* na modul pružnosti v ťahu a medzné napätie v ťahu. V tlaku a šmyku boli merané dve vzorky, t.j. *C-1* a *C-2*. Hranica elastickej deformácie bola na základe meraní vzoriek pre namáhanie ťahom stanovená na 2 mm, 5 mm pre namáhanie tlakom a 2 mm pre namáhanie šmykom v oboch skúmaných smeroch. Priemerná hodnota medznej únosnosti v ťahu bola *TR* = 10 kPa, priemerná hodnota medznej únosnosti v tlaku bola *CS(10)* = 24 kPa, a priemerná hodnota medznej únosnosti v šmyku v smere *A-B* ↔ $SS_{,A-B}$ = 8 kPa a v smere *C-D* ↕ $SS_{,C-D}$ = 10 kPa. Priebehy pracovných diagramov jednotlivých vzoriek namáhaných ťahom, sú znázornené v prílohe (Príloha 6).

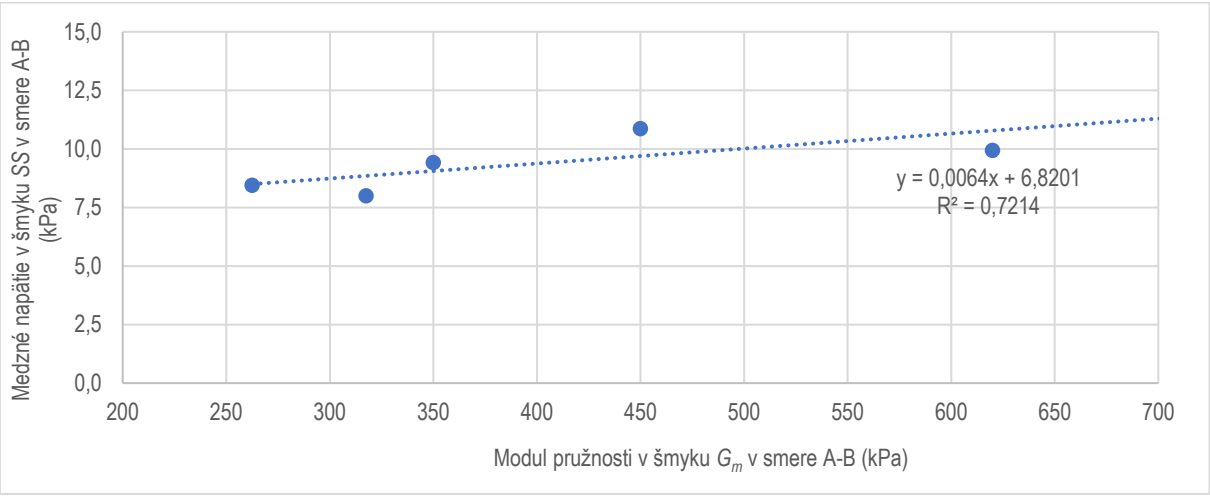
Pri všetkých meraných vzorkách je možné pozorovať lineárnu závislosť medzi medznou hodnotou v ťahu/tlaku/šmyku a modulom pružnosti v ťahu/tlaku/šmyku (obr. 20-23).



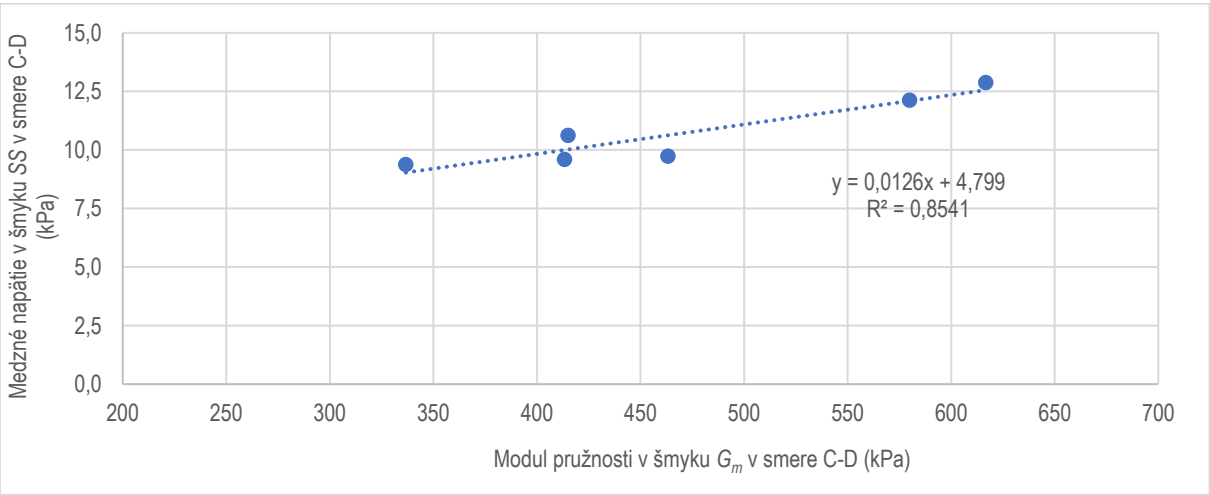
Obrázok 20 Závislosť medzi medznou pevnosťou v ťahu TR a modulom pružnosti v ťahu E_x (kPa) (modré body), trendový priebeh lineárnej závislosti (bodkovaná čiara).



Obrázok 21 Závislosť medzi medznou pevnosťou v tlaku CS(10) a modulom pružnosti v tlaku $E_{(-x)}$ (kPa) (modré body), trendový priebeh lineárnej závislosti (bodkovaná čiara).



Obrázok 22 Závislosť medzi medznou pevnosťou v šmyku SS a modulom pružnosti v G_m (kPa) (modré body), trendový priebeh lineárnej závislosti (bodkovaná čiara) v smere A-B.



Obrázok 23 Závislosť medzi medznou pevnosťou v šmyku SS a modulom pružnosti v G_m (kPa) (modré body), trendový priebeh lineárnej závislosti (bodkovaná čiara) v smere A-B.

Lineárna závislosť medzi medznými pevnosťami a im prislúchajúcim modulom pružnosti dosahuje vysokú mieru závislosti, označenú v grafoch priebehov ako R^2. Taktiež sú v grafoch znázornené aj rovnice trendových čiar ich lineárnych závislostí, vďaka ktorým je možné dopočítať hodnoty medzných napätí alebo modulov pružností pre potrebnú neznámu.

2. skupina okrajových podmienok – maximálne deformácie povrchových vrstiev systému ETICS

Druhou skupinou okrajových podmienok boli hraničné hodnoty deformácií povrchových vrstiev ETICS, akými sú armovacia vrstva a omietka. Maximálna deformácia od zaťaženia nesmela v navrhovanom materiáli presiahnuť hraničné deformácie povrchových vrstiev, ktoré by mohli viesť k ich poškodeniu v dôsledku vzniku trhlín.

Pri namáhaní tlakom nesmie deformácia presiahnuť 1,00 mm, aby nedochádzalo k porušeniu povrchových vrstiev pretlačením kotvy cez povrchové úpravy systému ETICS.

Pri šmyku je hraničnou deformáciou natiahnutie v smere „*z*“ 1,00 mm. Táto limitná hodnota vychádza ťahovej skúšky omietkového pásika aby v armovacej vrstve nevznikli trhliny širšie ako 0,2 mm. Skúška je založená na ťahaní vzorky (napríklad minerálnej vlny) dĺžky 600 mm, na ktorú sú aplikované povrchové vrstvy ETICS. Pri natiahnutí vzorky o 1,5 mm je povolený vznik trhlín so šírkou 0,2 mm (4.3.2). Avšak podľa štúdie (4.3.16) začína rozvoj trhlín pri deformácií vzorky okolo 1,2 mm až 1,3 mm. Z toho dôvodu bola maximálna deformácia v šmyku znížená na hodnotu 1 mm.

3. skupina okrajových podmienok – minimálne hodnoty namáhaní saním vetra, tlakom vetra a vlastnou tiažou systému ETICS

Tretiu skupinou okrajových podmienok tvoria samotné namáhania, ktoré musí tepelnoizolačný materiál na báze minerálnych vláken preniesť. Tieto namáhania vychádzajú z vyššie uvedených výpočtových zaťažení od sania a tlaku vetra a od zaťaženia vlastnou tiažou systému ETICS.

Z hľadiska bezpečnosti a vyššej tuhosti celého systému bola deformácia v smere „*x*“ znížená na 75 % z hraničnej hodnoty elastickej deformácie dosiek z minerálnych vláken pri namáhaní ťahom.

Ťah		Tlak		Šmyk	
Maximálna deformácia (75 % $u_{x,max}$)	Sanie vo výške 50 m	Maximálna deformácia	Tlak vo výške 50 m	Maximálna deformácia	Zaťaženie ETICS
u_x mm	$q_{w(+),k}$ kPa	$u_{(-x)}$ mm	$q_{w(-),k}$ kPa	u_z mm	$g_{k,ETICS}$ kPa
1,50	-1,70	1,00	1,21	1,00	0,49

Tabuľka 5 Výber najnepriaznivejších okrajových podmienok.

7. Minimálne fyzikálno-mechanické vlastnosti

Určenie minimálnych stredných hodnôt modulu pružnosti v ťahu $E_{x,m}$, tlaku $E_{(-x),m}$ a šmyku G_m je založené na dvoch stupňoch analýzy:

1. Lineárny výpočet návrhového modulu pružnosti v ťahu, tlaku a šmyku,

2. Výpočet návrhového modulu pružnosti v ťahu, tlaku a šmyku pomocou metódy konečných prvkov s využitím teórie deformácie II. rádu a iterácie maximálnych deformácií:

Mechanicky kotvený systém s dodatočným lepením (5 ks/m^2)

ZS1 Vlastná tiaž ETICS + sanie vetra (výška 50 m),
ZS2 Vlastná tiaž ETICS,
ZS3 Sanie vetra (výška 50 m),
ZS4 Tlak vetra (50 m),

Lineárny výpočet modulu pružnosti v ťahu, tlaku a šmyku,

Lineárny výpočet slúži na hrubé, prvotné, odvodenie modulu pružnosti v ťahu, tlaku a šmyku, na základe maximálnych deformácií a minimálnych odolností pri jednotlivých typoch namáhania.

Ťah

Modul pružnosti v ťahu je vypočítaný ako (5):

$$E_{x,Rd} = \frac{TR_{Rd} \times h}{u_x} \quad , (5)$$

kde TR_{Rd} - je hodnota rovná maximálnemu saniu vetra na plášť budovy $q_{w(+),d}$ (kPa),
h - je hrúbka tepelnoizolačnej dosky (mm),
u_x - je maximálna deformácia v smere „*x*“ (mm).

Tlak

Modul pružnosti v tlaku je vypočítaný ako (6):

$$E_{(-x),Rd} = \frac{CS_{Rd} \times h}{u_{(-x)}} \quad , (6)$$

kde, CS_{Rd} - je hodnota rovná maximálnemu tlaku vetra na plášť budovy $q_{w(-),d}$ (kPa),
h - je hrúbka tepelnoizolačnej dosky (mm),
$u_{(-x)}$ - je maximálna deformácia v smere „*-x*“ (mm).

Šmyk

Modul pružnosti v šmyku je vypočítaný ako (7):

$$G_{yz,Rd} = \frac{f_{\tau,Rd} \times h}{u_z} \quad , (7)$$

kde, $f_{\tau,Rd}$ - je hodnota rovná maximálnemu napätiu vplyvom vlastnej tiaže $\sigma_{yz,d}$ (kPa),
h - je hrúbka tepelnoizolačnej dosky (mm),
u_z - je maximálna deformácia v smere „*z*“ (mm).

Ťah	Tlak	Šmyk
Modul pružnosti	Modul pružnosti	Modul pružnosti
E_x kPa	$E_{(-x),Rd}$ kPa	G_m kPa
226,79	245,79	99,09

Tabuľka 6 Minimálne stredné hodnoty modulu pružnosti v ťahu, tlaku a šmyku tepelnoizolačného materiálu na báze minerálnych vláken vo forme dosiek s pozdĺžnou orientáciou vláken pre systém ETICS do výšky 50 m.

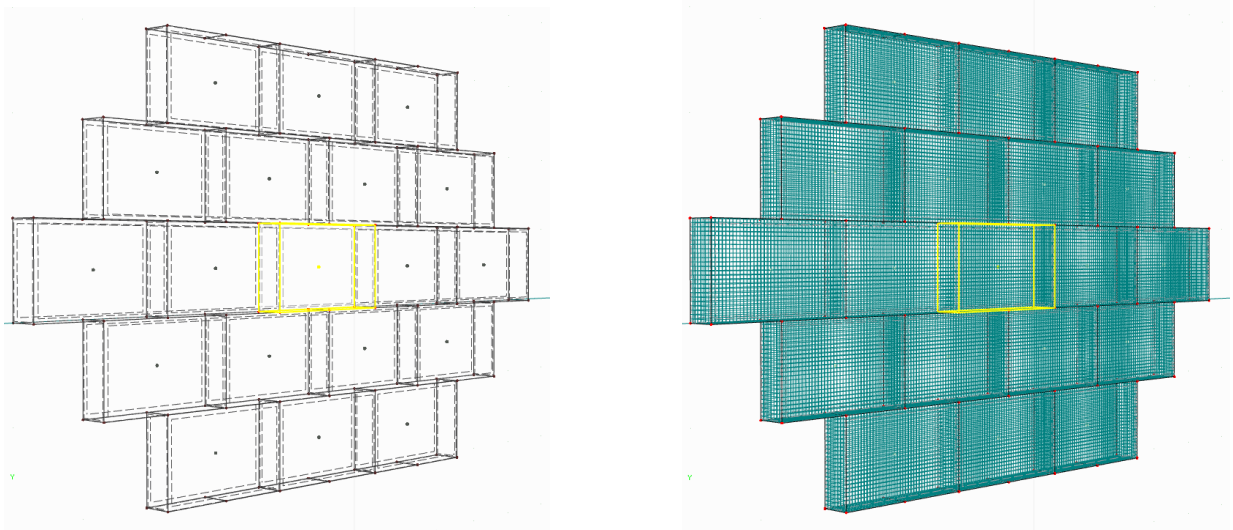
Výpočet návrhového modulu pružnosti v ťahu, tlaku a šmyku pomocou metódy konečných prvkov s využitím teórie deformácie II. rádu

Vstupnými fyzikálno-mechanickými parametrami posudzovaného materiálu sú výsledky lineárneho výpočtu modulov pružnosti a návrhové hodnoty zaťažení, obsiahnuté v tabuľke 3.

Výpočtový model

Výpočtový model je vytvorený v softvéri Dlubal RFEM 5.19. Založený je na výpočtovej metóde konečných prvkov, využitím metódy analýzy podľa teórie II rádu (P-Delta/ P-Delta). Na riešenie sústavy rovníc bola využitá Picardova metóda.

Fasádny systém bol posudzovaný ako *jednotlivý fragment* s rozmermi fasádnej dosky 1000 mm × 600 mm, čo je štandardný rozmer dosky a ako *fragment zabudovaný* (ďalej *fasáda*) vo fasádnom systéme. Analyzovaná doska je znázornená na obrázku 24 vľavo ako charakteristický *zabudovaný fragment* fasádneho systému, bez vplyvu nepodložených okrajov.



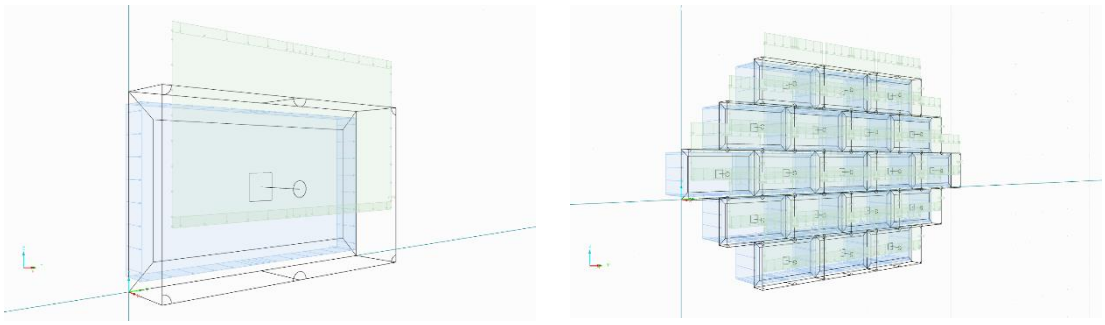
Obrázok 24 Analyzovaný fragment, ako súčasť systému (vľavo) a výpočtová sieť (vpravo).

Výpočtová sieť bola pri fragmente a fasádnom systéme nastavená na 25 mm kubického a triangulárneho tvaru (obr. 24 vpravo).

Zaťažovacie stavy

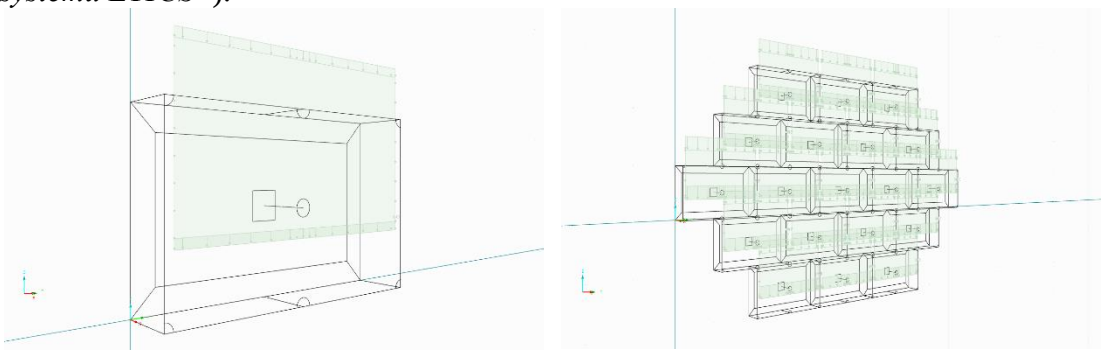
ZS1 Vlastná tiaž ETICS + sanie vetra (výška 50 m) - vlastná hmotnosť tepelnoizolačného materiálu je zadaná ako zaťaženie na vonkajšiu plochu spolu so zaťažením povrchovými úpravami ETICS $g_{k,ETICS}$ (kapitola „*Výpočet zaťaženia*

vlastnou tiažou systému ETICS“). V modeli je deaktivovaný účinok zaťaženia vlastnou tiažou. Zaťaženie vetrom je taktiež zadané na vonkajšiu plochu s účinkom sania $q_{w(+),d}$ (kapitola „*Výpočet zaťaženia vetrom*“).



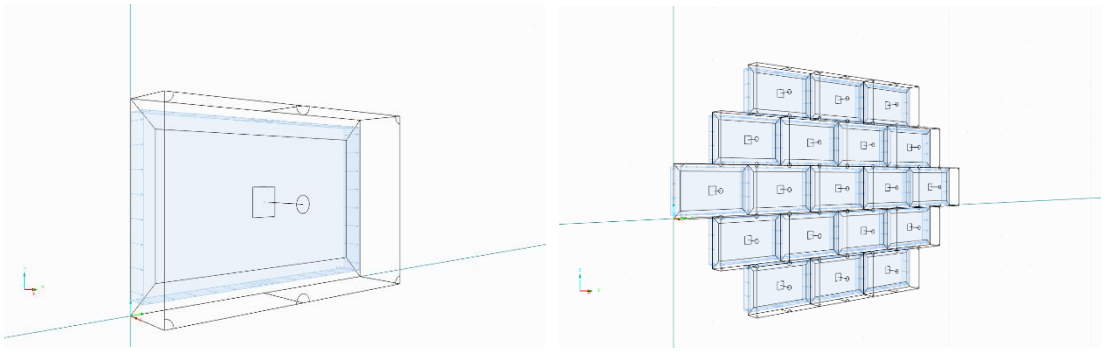
Obrázok 25 Zaťažovací stav ZS1 Vlastná tiaž ETICS + sanie vetra (výška 50 m) aplikované na fragment (vľavo) a fasádu (vpravo).

ZS2 Vlastná tiaž ETICS - vlastná hmotnosť tepelnoizolačného materiálu je v tomto prípade zadaná ako zaťaženie na vonkajšiu plochu spolu so zaťažením povrchovými úpravami ETICS $g_{k,ETICS}$ (kapitola „*Výpočet zaťaženia vlastnou tiažou systému ETICS“*).



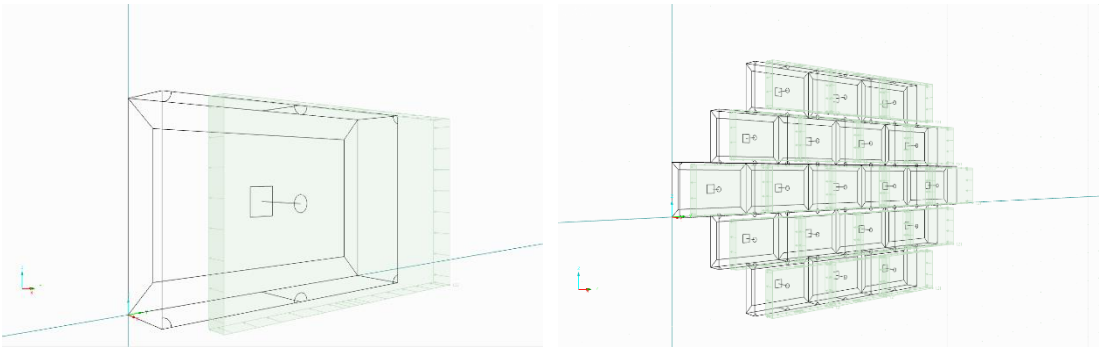
Obrázok 26 Zaťažovací stav ZS2 Vlastná tiaž ETICS aplikované na fragment (vľavo) a fasádu (vpravo).

ZS3 Sanie vetra (výška 50 m) - zaťaženie vetrom je zadané na vonkajšiu plochu s účinkom sania $q_{w(+),k}$ (kapitola „*Výpočet zaťaženia vetrom*“).



Obrázok 27 Zaťažovací stav ZS3 Sanie vetra (výška 50 m) aplikované na fragment (vľavo) a fasádu (vpravo).

ZS4 Tlak vetra (výška 50 m) - zaťaženie vetrom je zadané na vonkajšiu plochu s účinkom sania $q_{w(-),k}$ (kapitola „*Výpočet zaťaženia vetrom*“).



Obrázok 28 Zaťažovací stav ZS4 Tlak vetra (výška 50 m) aplikované na fragment (vľavo) a fasádu (vpravo).

Spôsob kotvenia

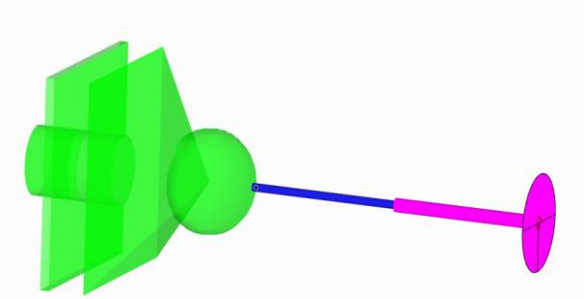
Mechanické kotvenie

Pre model boli využité informácie o kotvení firmy Ejot, konkrétne bolo zvolené kotvenie Ejotherm STR U plus. Časť kotvy obsahujúci kovový tŕň bol v modeli nahradený oceľovým prútom (oceľ S 355) priemeru 4,8 mm. Plastová časť kotvy je tvorená polyetylénom typu HD (PE-HD) a bola modelovaná ako rúrke s priemerom 8 mm s hrúbkou steny 1,1 mm.

Obrázok 29 Prierez oceľového tŕňa použitého v kotviacom systéme (obrázok vľavo), prierez plastovej časti kotvy (obrázok v strede).

Tanierové ukončenie kotvy je taktiež tvorené z polyetylénu typu HD (PE-HD) a bolo modelované ako kruhová plocha s priemerom 60 mm, hrúbky 2,5 mm. Pri povrchovom kotvení bola dĺžka oceľového prútu 120 mm, dĺžka plastovej časti bola 80 mm.

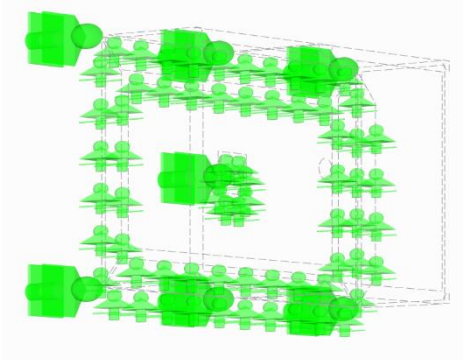
Kotva bola ukončená na vonkajšom povrchu minerálnej izolácie. Uloženie kotvenia bolo modelované ako podpora zabraňujúca posun v smere „*x*“, umožňujúca pohyb v smere „*z*“ a “*y*“, aby bol vylúčený vplyv kotiev pri prenose šmykových síl. (obr.30).



Obrázok 30 Model uzlovej podpory a povrchového kotvenia.

Chemické kotvenie – lepenie

Lepenie bolo modelované ako líniové podopretie v smere „y“ a „z“ a prenášalo len šmykové sily *V* v rovine „*yz*“ (obr. 31). Líniová podpery boli zadané na líniách opisujúce plochu rovnajúcu sa 40 % plochy dosky, ktorá je pokrytá lepidlom podľa schémy kotvenia pri použití počtu kotiev 5 ks/m^2 (Príloh 8).



Obrázok 31 Líniové podopretie zachytávajúce šmykové sily V_{yz}. a podopretie v smere „y“ a „z“.

Iterácia minimálnych fyzikálno-mechanických parametrov

Ako bolo vyššie spomenuté, minimálne fyzikálno-mechanické vlastnosti vychádzajú z lineárnej analýzy maximálnych deformácií fasádneho systému a maximálnych charakteristických hodnôt zaťažení (tab. 4).

Keďže je minerálna izolácia anizotropný materiál, je potrebné definovať jeho parametre vo všetkých smeroch („*x, y, z*“). Vo všetkých troch smeroch je počítané s rovnakou hodnotou pre každý parameter, táto hodnota je minimálnou hodnotou pre každý smer.

Na základe simulácie s využitím materiálových vlastností podľa lineárnej analýzy boli zistené maximálne deformácie analýzy metódou II. rádu. Deformácie prekračovali maximálne deformácie stanovené okrajovými podmienkami.

Fyzikálno-mechanické parametre boli takto iterované na hodnoty podľa tabuľky 7. Hodnoty boli navýšené tak, aby deformácie po analýze metódou II. rádu neprekročili limitné hodnoty deformácií v tabuľke 4.

Tiaž	Ťah						Tlak						Šmyk					
γ_d	E_x	E_y	E_z	$f_{t,x}$	$f_{t,y}$	$f_{t,z}$	$E_{(-x)}$	$E_{(-y)}$	$E_{(-z)}$	$f_{c,x}$	$f_{c,y}$	$f_{c,z}$	G_{yz}	G_{xz}	G_{xy}	$f_{v,yz}$	$f_{v,xz}$	$f_{v,xy}$
kN/m^3	kPa			kPa			kPa			kPa			kPa			kPa		
1,47	425			2,55			425			1,82			225			0,66		

Tabuľka 7 Minimálne fyzikálno-mechanické vlastnosti tepelnoizolačného materiálu na báze minerálnych vláken vo forme dosiek s pozdĺžnou orientáciou vláken pre systém ETICS so zohľadnením analýzy deformácie metódou II. rádu.

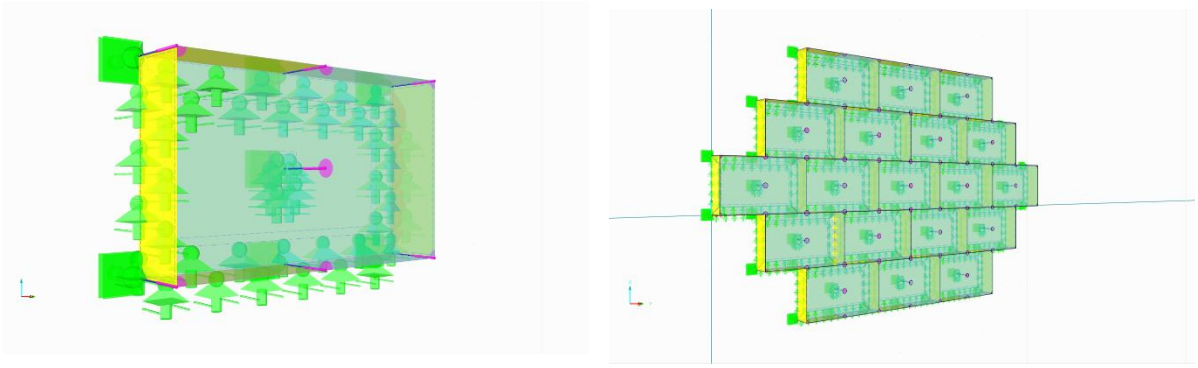
Pri porovnaní výsledných hodnôt, vidíme, že uplatnenie teórie deformácií II rádu spôsobilo navýšenie modulov pružnosti v ťahu o viac ako 1,5-násobok a modulov pružnosti v šmyku o 2-násobok hodnoty vyplývajúcej z lineárnej analýzy.

Hodnota modulu pružnosti v tlaku bola zvolená hodnote rovnej modulu pružnosti v ťahu, z dôvodu namáhania ťahom, kde sa modul pružnosti v tlaku prejaví ako proti-reakcia ťahovému namáhaniu pri prenose zaťaženia cez mechanické kotvenie. Z toho dôvodu už deformácia v tlaku nebola analyzovaná, keďže modul pružnosti v tlaku bol takýmto spôsobom navýšený približne dvojnásobne.

Posúdenie deformácii analýzou teórie II. rádu

Posúdenie minimálnych hodnôt modulov pružnosti vychádzalo zo spôsobu kotvenia typu:

Mechanicky kotvený systém s dodatočným lepením (5 ks/m^2) s lepením na 40 % plochy dosky (obr. 32) (Príloha 8).

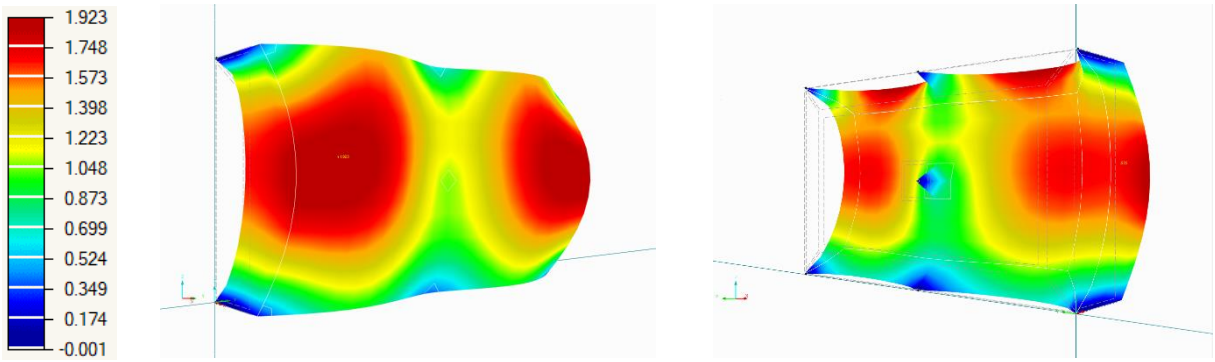


Obrázok 32 3D model fragmentu a fasády s kotvením mechanickými kotvami 5 ks/m^2 a lepený s plochou lepidla 40 % plochy tepelnoizolačnej dosky.

so zaťažením, ktoré spôsobilo maximálne deformácie (Príloha 11):

ZS1 Vlastná tiaž ETICS + sanie vetra (výška 50 m)

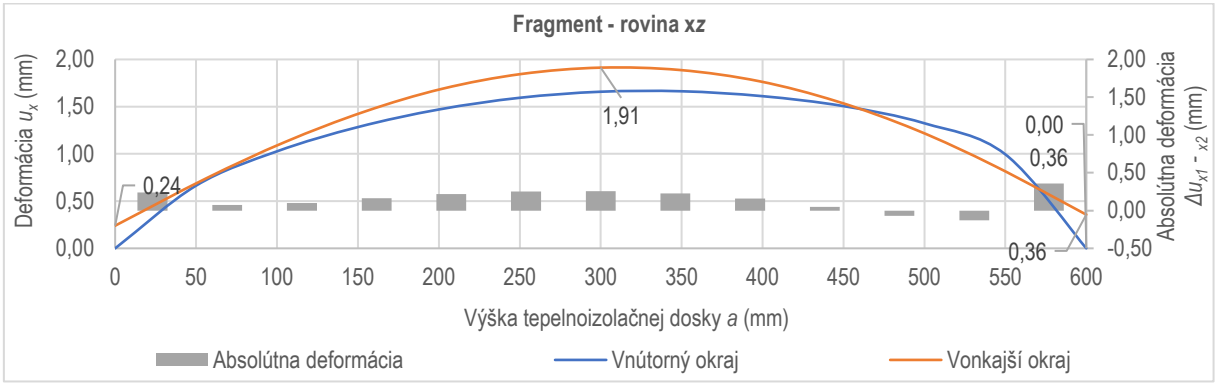
Deformácia fragmentu U_x



Obrázok 33 Deformácia fragmentu U_x pri zaťažení ZS1 Vlastná tiaž ETICS + sanie vetra (výška 50 m). Axonometria predná strana (vľavo) a zadná strana (vpravo).

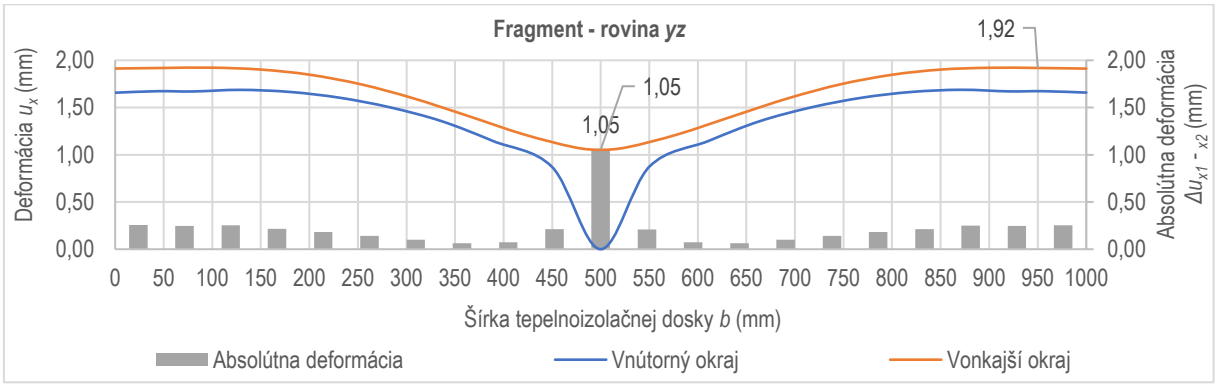
Maximálna deformácia v smere „*x*“ pre kombinované zaťaženie ZS1 Vlastná tiaž ETICS + sanie vetra (výška 50 m) dosahovala na osamotenom fragmente U_x = 1,923 mm.

Hodnota deformácie nepresahuje elastickú hranicu deformácie materiálu pri ťahovom namáhaní. Deformácia v rámci tepelného izolantu je nižšia, pretože dochádza k priehybu izolantu okolo osi „*y*“ a nie k natiahnutiu v smere „*x*“, kde by sa porušovala jeho súdržnosť (obr. 34).



Obrázok 34 Vertikálny rez osamoteným fragmentom cez maximálne deformovanú oblasť.

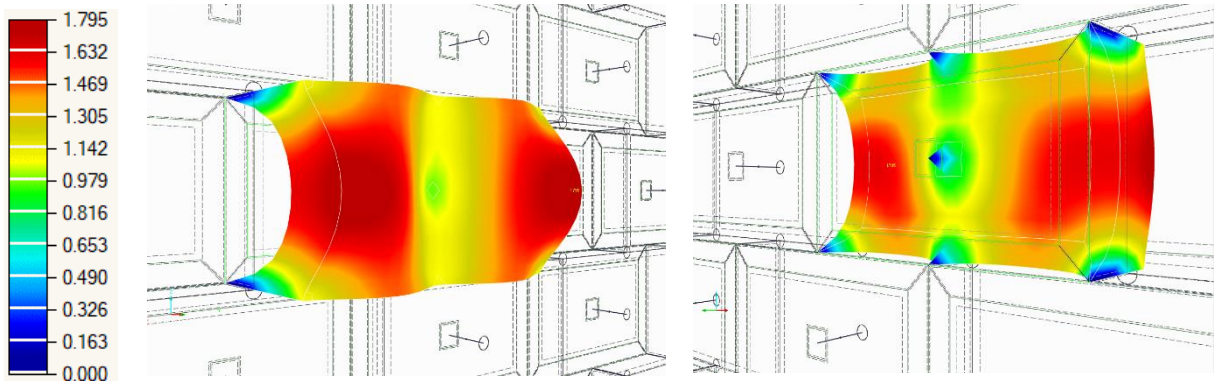
Pri vertikálnom reze (obr. 34) vidíme uplatnenie maximálneho priehybu fasádnej dosky a maximálnu deformáciu natiahnutím, ktorá dosahuje hodnotu u_{x1} = 0,36 mm pri vonkajšom povrchu a u_{x2} = 0,00 mm pri vnútornom povrchu. Absolútna deformácia natiahnutím fasádnej dosky je Δu_x = 0,36 mm, čo je menej ako hranica elastickej deformácie v ťahu.



Obrázok 35 Horizontálny rez osamoteným fragmentom cez maximálne deformovanú oblasť.

Pri horizontálnom reze (obr. 35) vidíme uplatnenie absolútnej maximálnej deformácií natiahnutím fasádnej dosky Δu_x = 0,105 mm v mieste stredovej kotvy. Táto deformácia je taktiež menšia ako hranica elastickej deformácie pre dosky z minerálnej vlny.

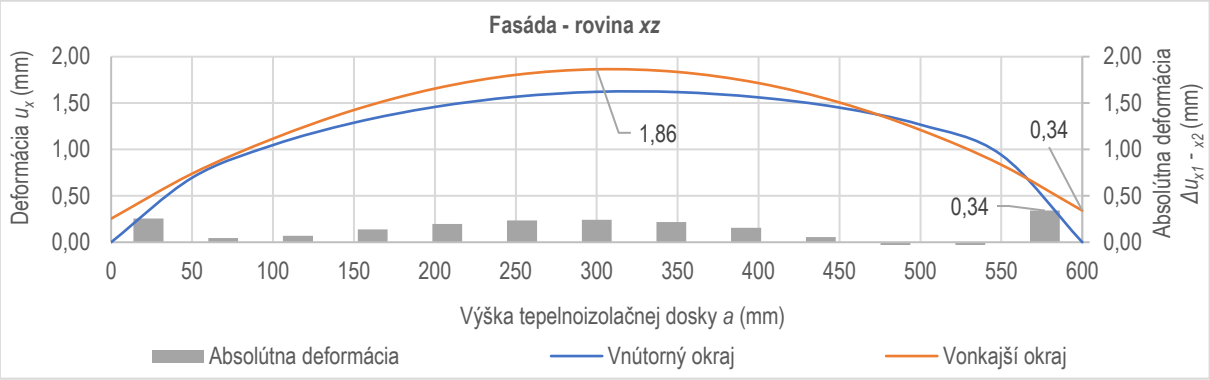
Deformácia fragmentu osadeného vo fasádnom systéme U_x



Obrázok 36 Deformácia fragmentu osadeného vo fasádnom systéme U_x pri zaťažení ZS1 Vlastná tiaž ETICS + sanie vetra (výška 50 m). Axonometria predná strana (vľavo) a zadná strana (vpravo).

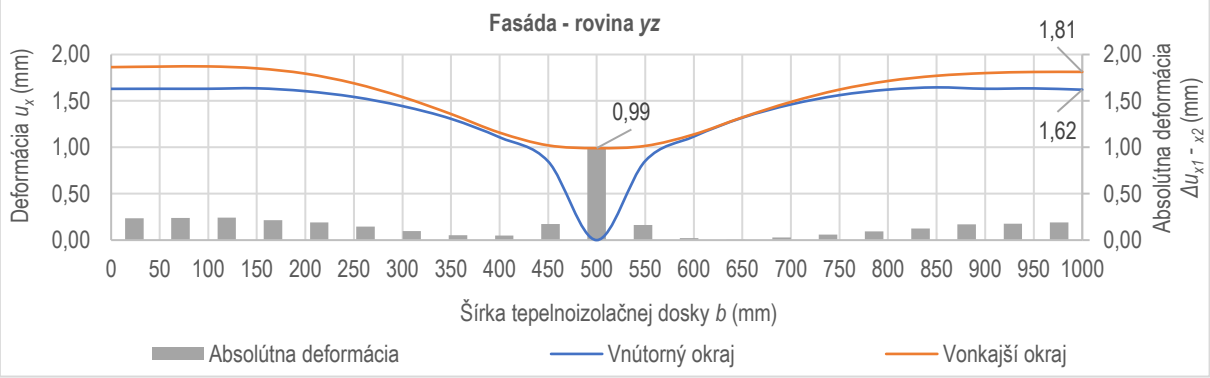
Maximálna deformácia v smere „*x*“ pre kombinované zaťaženie ZS1 Vlastná tiaž ETICS + sanie vetra (výška 50 m) dosahovala na zabudovanom fragmente vo fasádnom systéme U_x = 1,864 mm.

Hodnota deformácie nepresahuje elastickú hranicu deformácie materiálu pri ťahovom namáhaní. Deformácia v rámci tepelného izolantu je (rovnako ako pri samostatnom fragmente) nižšia, pretože dochádza k priehybu izolantu okolo osi „*y*“ a nie k natiahnutiu v smere „*x*“, kde by sa porušovala jeho súdržnosť (obr. 37).



Obrázok 37 Vertikálny rez fragmentom osadeným vo fasádnom systéme cez maximálne deformovanú oblasť.

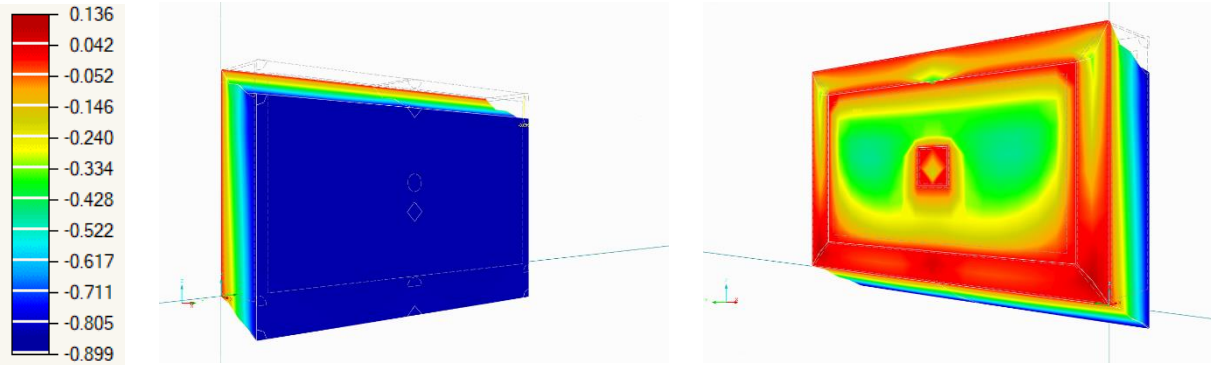
Pri vertikálnom reze (obr. 37) vidíme uplatnenie maximálneho priehybu fasádnej dosky a maximálnu deformáciu natiahnutím, ktorá dosahuje hodnotu u_{x1} = 0,34 mm pri vonkajšom povrchu a u_{x2} = 0,00 mm pri vnútornom povrchu. Absolútna deformácia natiahnutím fasádnej dosky je Δu_x = 0,34 mm, čo je menej ako hranica elastickej deformácie v ťahu.



Obrázok 38 Horizontálny rez fragmentom osadeným vo fasádnom systéme cez maximálne deformovanú oblasť.

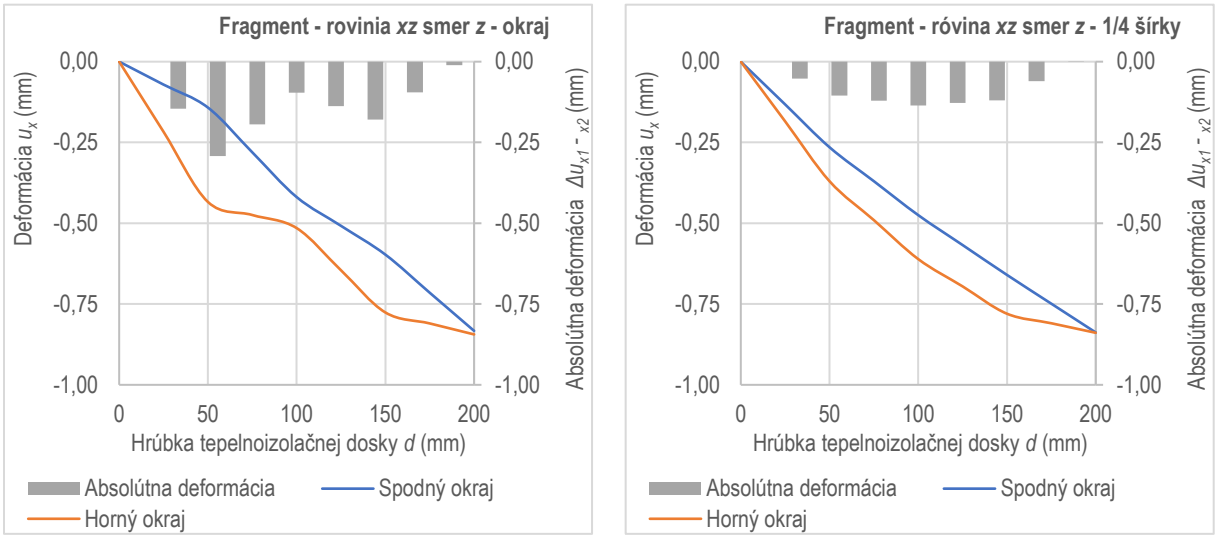
Pri horizontálnom reze (obr. 38) vidíme uplatnenie absolútnej maximálnej deformácií natiahnutím fasádnej dosky Δu_x = 0,99 mm v mieste stredovej kotvy. Táto deformácia je taktiež menšia ako hranica elastickej deformácie pre dosky z minerálnej vlny.

Deformácia fragmentu U_z



Obrázok 39 Deformácia fragmentu U_z pri zaťažení ZS1 Vlastná tiaž ETICS + sanie vetra (výška 50 m). Axonometria predná strana (vľavo) a zadná strana (vpravo).

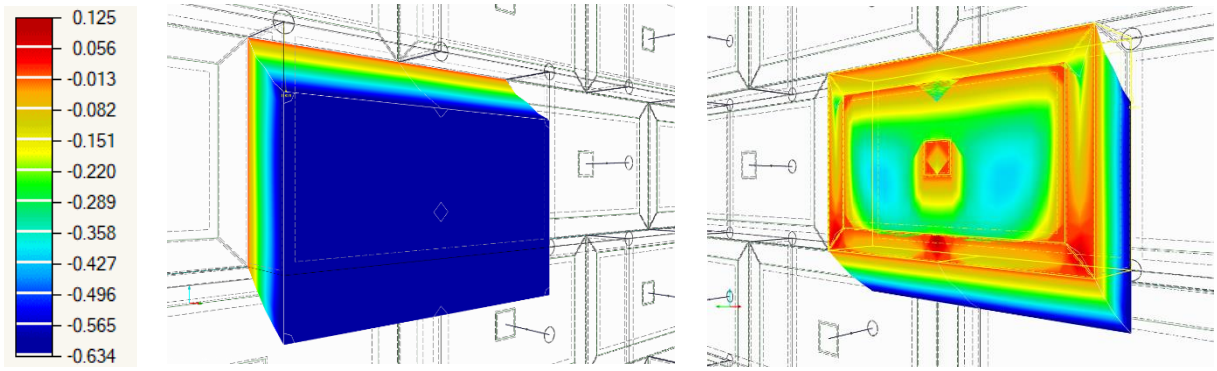
Maximálna deformácia v smere „z“ pre kombinované zaťaženie Vlastná tiaž ETICS + sanie vetra (výška 50 m) dosahovala na osamotenom fragmente U_z = 0,877 mm a nepresahuje elastickú hranicu deformácie materiálu pri šmykovom namáhaní.



Obrázok 40 Horizontálny rez v rovine „xz“ v smere „z“ – okraj tepelnoizolačnej dosky (vľavo) a 1/4 šírky tepelnoizolačnej dosky (vpravo).

V rámci maximálnej deformácie boli analyzované aj najviac deformované časti tepelnoizolačnej dosky, t.j. okraj (obr. 40 vľavo) a 1/4 tepelnoizolačnej dosky (obr. 40 vpravo). Z priebehov deformácií v rezoch je vidieť, že horný okraj dosahuje väčšiu deformáciu ako spodný okraj. Vďaka tomu nedochádza pri fasádnom systéme k opretiu spodného okraja hornej dosky o horný okraj spodnej dosky v dôsledku čoho by dochádzalo k nárastu zaťaženia na spodné rady tepelnej izolácie v systéme ETICS.

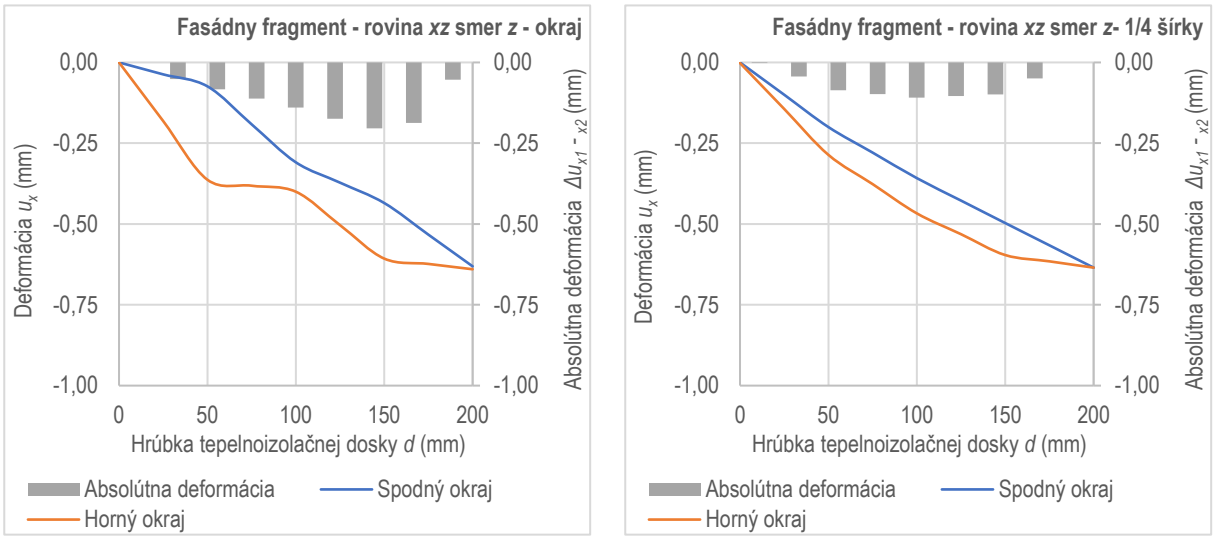
Deformácia fragmentu osadeného vo fasádnom systéme U_z



Obrázok 42 Deformácia fragmentu osadeného vo fasádnom systéme U_z pri zaťažení ZS1 Vlastná tiaž ETICS + sanie vetra (výška 50 m). Axonometria predná strana (vľavo) a zadná strana (vpravo).

Maximálna deformácia v smere „z“ pre kombinované zaťaženie Vlastná tiaž ETICS + sanie vetra (výška 50 m) dosahovala na zabudovanom fragmente U_z = 0,634 mm a nepresahuje elastickú hranicu deformácie materiálu pri šmykovom namáhaní.

V rámci maximálnej deformácie boli taktiež analyzované aj najviac deformované časti tepelnoizolačnej dosky, t.j. okraj (obr. 42 vľavo) a 1/4 tepelnoizolačnej dosky (obr. 42 vpravo), rovnako ako v prípade osamoteného fragmentu. Z priebehov deformácií v rezoch je vidieť, že takisto horný okraj dosahuje väčšiu deformáciu ako spodný okraj. Vďaka tomu nedochádza pri fasádnom systéme k opretiu spodného okraja hornej dosky o horný okraj spodnej dosky v dôsledku čoho by dochádzalo k nárastu zaťaženia na spodné rady tepelnej izolácie v systéme ETICS.



Obrázok 43 Horizontálny rez v rovine „xz“ v smere „z“ – okraj tepelnoizolačnej dosky (vľavo) a 1/4 šírky tepelnoizolačnej dosky (vpravo)16

8. Definovanie charakteristických hodnôt posudzovaných fyzikálno-mechanických parametrov

Minimálne charakteristické hodnoty fyzikálno-mechanických parametrov pre tepelnoizolačné materiály na báze minerálnej vlny s pozdĺžnou orientáciou vláken boli určené pre požadované veličiny, ktoré boli v predmetu posudku definované – medzná pevnosť v ťahu kolmo na rovinu dosky *TR*, medzná pevnosť v šmyku *SS* a stredná hodnota modulu pružnosti v šmyku G_m.

Minimálna charakteristická hodnota pevnosti v ťahu kolmo na rovinu dosky TR_k

Modul pružnosti v ťahu nebol síce súčasťou posudku. Jeho hodnota však zohráva veľmi signifikantnú úlohu pri deformáciách od sania vetra, ale aj od vlastnej tiaže systému ETICS.

Vplyv modulu pružnosti v ťahu E_x je však možné vyjadriť ako prírastok k minimálnej medznej pevnosti v ťahu kolmo na rovinu dosky *TR*. Umožňujú to merania vzoriek a regresná analýza závislosti medzi modulom pružnosti v ťahu E_x a medznou pevnosťou v ťahu (obr. 20), ktorá je vyjadrená lineárnou funkciou. Vďaka tomu bolo možné určiť závislosť medzi charakteristickými hodnotami týchto parametrov, so spoľahlivosťou $R^2 = 0{,}8861$; ako (8):

$$TR_k \geq 0{,}0106 \times E_{x,m} + 3{,}6559 \tag{8}$$

Uvažujme teda modul pružnosti v ťahu E_x (Tab. 8) rovný strednej hodnote modulu pružnosti v ťahu $E_{x,m}$. Následne je možné vypočítať hodnotu *TR*, ktorá by spĺňala požiadavku maximálnej deformácie v ťahu ako (9):

$$\begin{gathered} TR_{k1} \geq 0{,}0106 \times E_{x,m} + 3{,}6559 \\ TR_{k1} \geq 0{,}0106 \times 425 + 3{,}6559 \\ TR_{k1} \geq 8{,}16\ kPa \end{gathered} \tag{9}$$

Pre zohľadnenie miery spoľahlivosti je hodnota TR_k ešte navýšená podľa (10):

$$\begin{gathered} TR_k \geq \frac{TR_{k1}}{R^2} = \frac{8{,}16\ kPa}{0{,}8861} = 9{,}20\ kPa \doteq 9{,}2\ kPa \\ \boldsymbol{TR_k \geq 9{,}2\ kPa} \end{gathered} \tag{10}$$

Minimálna charakteristická hodnota pevnosti v šmyku SS_k

Minimálna charakteristická pevnosť v šmyku SS_k, pre tepelnoizolačné dosky na báze minerálnych vláken s pozdĺžnou orientáciou do maximálnej hrúbky 200 mm, určených pre systém ETICS, vyplýva z posúdenia medzného stavu únosnosti a dosahuje hodnotu:

$$\boldsymbol{SS_k \geq 1{,}81\ kPa}$$

Minimálna stredná hodnota modulu pružnosti v šmyku G_m

Minimálna hodnota stredného modulu pružnosti v šmyku pre tepelnoizolačné dosky na báze minerálnych vláken s pozdĺžnou orientáciou do maximálnej hrúbky 200 mm, určených pre systém ETICS, vyplýva z posúdenia maximálnych deformácií a dosahuje hodnotu:

$$\boldsymbol{G_m \geq 225\ kPa}$$

9. Zhrnutie výsledkov

Účelom znaleckého posudku bolo posúdenie minimálnych fyzikálno-mechanických vlastností tepelnoizolačného materiálu vo forme dosiek s pozdĺžnou orientáciou vláken pre kontaktný zatepľovací systém ETICS, ako podklad pre pripravovanú normu *STN 72 7221 – 4 Tepelnoizolačné výrobky pre budovy. Časť 4: Prefabrikované výrobky z minerálnej vlny (MW). Účel použitia.*

Maximálna hrúbka posudzovaného prvku (200 mm) v skladbe systému ETICS bola zvolená podľa novo-navrhovaných maximálnych limitných hodnôt tepelných izolácie, ktoré budú zahrnuté do systému ETICS. Analýza bola založená na kombináciách zaťaženia saním/tlakom vetra, podľa eurokódu a národnej prílohy pre výpočet zaťaženia vetrom pre Slovenskú republiku (*STN EN 1991- 1 - 4/NA*) a zaťaženia od vlastnej hmotnosti systému ETICS, taktiež podľa eurokódu (*STN EN 1991- 1 - 1*). Okrajové podmienky boli zvolené tak, aby bol návrh na strane bezpečnosti pre všetky štandardné situácie do nadmorskej výšky 700 m n.m. pre budovy s maximálnou výškou 50 m. Výsledné hodnoty boli zvolené z najnepriaznivejších kombinácií kotvenia, t.j. pre sanie a vlastnú tiaž (s objemovou hmotnosťou tepelnoizolačnej dosky do 150 kg/m^3) to bol osamotený fragment fasádnej dosky (1000 mm × 600 mm) kotvený pomocou kotiev s počtom 5 ks/m^2 a so 40 % plochy fasádnej dosky, pokrytej lepidlom (Príloha 8).

V prípade ťahového namáhania bol model vytvorený tak, že celá ťahová sily bola prenesená len mechanickým kotvením, účinok lepenia bol zanedbaný. Lepenie prenášalo len šmykové zaťaženie V_{yz}.

Šmykové parametre sú stanovené tak, aby celý systém odolával návrhovému zaťaženiu od vlastnej tiaže ETICS (s objemovou hmotnosťou tepelnoizolačnej dosky do 150 kg/m^3) pri rovnakom rozmiestnení lepidla ako v predchádzajúcom prípade, avšak účinok mechanických kotiev bol zanedbaný (s účinkom kotiev pri namáhaní šmykom sa neuvažuje ani v prípade *prEN 17 237:2019*).

Minimálne návrhové hodnoty pre medznú pevnosť v ťahu kolmo na rovinu dosky TR_d a medznú pevnosť v šmyku SS_d boli vypočítané od maximálnych návrhových zaťažení podľa eurokódu *STN EN 1991- 1 - 1* (MSU – medzný stav únosnosti) a moduly pružnosti v šmyku G_m a v ťahu E_x boli vypočítané od maximálnych charakteristických zaťažení podľa eurokódu *STN EN 1991- 1 - 1* (MSP – medzný stav použiteľnosti), pre štandardnú skladbu systému ETICS v maximálnej výške 50 m nad terénom. Aplikáciou parciálneho súčiniteľa $\gamma_{M,MW}$ bola z návrhových hodnôt posudzovaných pevnostných parametrov vypočítaná charakteristická hodnota pre medznú pevnosť v ťahu kolmo na rovinu dosky TR_k, medzná pevnosť v šmyku SS_k.

Keďže modul pružnosti v ťahu nie je žiadaný pre uvedenie ako deklarovanej hodnoty, je možné jeho vplyv vyjadriť na základe regresnej analýzy závislosti modulu pružnosti v ťahu od medznej pevnosti v ťahu (kapitola „*Analýza materiálu*“) navýšením jeho minimálnej charakteristickej medznej pevnosti v ťahu na TR_k = 9,2 kPa (kapitola „*Definovanie charakteristických hodnôt posudzovaných fyzikálno-mechanických parametrov“*).

Pre účel posudku boli vykonané aj merania fyzikálno-mechanických vlastností daných výrobkov. Keď vezmeme do úvahy výsledky meraní na najmenej odolnej vzorke (vzorka C, kapitola „*Analýza materiálu*“), tak priemerné hodnoty prekračujú minimálne hodnoty stanovené týmto posudkom. Tabuľka 8 zobrazuje minimálne charakteristické hodnoty medznej pevnosti v ťahu kolmo na rovinu dosky *TR*, medznej pevnosti v šmyku *SS* a modulu pružnosti v šmyku G_m pre dosky na báze minerálnych vláken s pozdĺžnou a kolmou orientáciou vláken, použité v kontaktnom zatepľovacom systéme ETICS, ktoré sú určené relevantnými dokumentami.

Charakteristické hodnoty posudzovaných minimálnych fyzikálno-mechanických parametrov								
Určujúci dokument	Dosky s pozdĺžnou orientáciou vláken				Dosky s kolmou orientáciou vláken - lamely			
	TR_k	Šmykové vlastnosti			TR_k	Šmykové vlastnosti		
		SS_k	$G_{m,}$	Hrúbka vzorky		SS_k	$G_{m,k}$	Hrúbka vzorky
	kPa	kPa	kPa	mm	kPa	kPa	kPa	mm
Znalecký posudok	9,2	1,81	225	max. 200	-	-	-	-
STN 72 7221 - 4	15,0	20,0	1000,0	Hrúbka výrobku	-	-	-	Hrúbka výrobku
TP-CZB 01-2015 QTA	10,0	20,0	1000,0	Ne - definované	80,0	20,0	1000,0	Ne - definované
Verband für Dämmsysteme, Putz und Mörtel e.V. a Fachverband Mineralwolleindustrie e.V.)	5 - 7,5	-	-	-	80,0	20,0	1000,0	60,0
ETAG 004[3]	-	-	-	-	80,0	20,0	1000,0	50,0
prEN 17 237:2019	3,5	-	-	-	80,0	20,0	1000,0	60,0

Tabuľka 8 Minimálne charakteristické hodnoty medznej pevnosti v ťahu kolmo na rovinu dosky TR_k, medznej pevnosti v šmyku SS_k a stredného modulu pružnosti v šmyku G_m pre dosky na báze minerálnych vláken s pozdĺžnou orientáciou a kolmou orientáciou vláken, použité v kontaktnom zatepľovacom systéme ETICS.

Ako je vidieť v tabuľke 8 vo väčšine prípadov je žiadané, aby boli šmykové parametre merané na hrúbke izolácie 60 mm. Pri veľkých hrúbkach sa podstatne zvýši namáhanie ohybom, čo sa odzrkadlí na výsledných hodnotách šmykových vlastností. Pri prekračovaní týchto fyzikálno-mechanických parametrov (určených posudkom) dochádza k predimenzovaniu výrobkov. Výrobky spĺňajúce fyzikálno-mechanické parametrov stanovených v pripravovanej norme *STN 72 7221 – 4*, dosahujú limity vyrobiteľnosti a zároveň majú vyššie hodnoty súčiniteľov tepelnej vodivosti λ, čím sú menej efektívne pri zabezpečení tepelno-technických kritérií. Z toho vyplýva zvyšovanie potrebnej hrúbky izolantu, čím sa zo statického hľadiska vytvára vyšší efekt vykonzolovania systému ETICS, dochádza k priťaženiu celej stavby zatepľovacím systémom. Navyše by sa celý systém ETICS stával aj ekonomicky nevýhodným. Použitie alternatívneho materiálu pri výškach budov nad 25 m je z hľadiska požiarnej bezpečnosti neprípustné, pretože zatepľovací systém musí byť nehorľavý (A2-s1, d0), čo potvrdzuje aj fakt nedávnych udalostí bytového domu v Prešove, či požiar v bytovom dome v Bratislave – Dúbravka. V prípade horľavého systému ETICS by boli škody na životoch a majetku pravdepodobne podstatne vyššie (Článok SME: rozhovor s Andrejom Bartókom „*Výbuch by v nových domoch vyzeral inak*“, 13.12.2019).

Pri zavedení fyzikálno-mechanických parametrov podľa v pripravovanej normy *STN 72 7221 – 4 Tepelnoizolačné výrobky pre budovy. Časť 4: Prefabrikované výrobky z minerálnej vlny (MW). Účel použitia.* by sa systém ETICS mohol stať neekonomickým, alebo nereálnym, vzhľadom na výrobné možnosti materiálu pri daných hrúbkach, potrebných na splnenie normy *STN 73 0540*.

[3] Šmykové požiadavky v dokumente ETAG 004 pre dosky s pozdĺžnou orientáciou vláken, sú stanovené pre čisto lepené systémy, bez kotviacich prvkov v podobe mechanických kotiev.

III. ZÁVER

Posúdenie fyzikálno-mechanických vlastností tepelnoizolačného materiálu z minerálnej izolácie vo forme tepelnoizolačných dosiek s pozdĺžnou orientáciou vláken pre systém kontaktného zateplenia ETICS, ktoré sú navrhnuté v pripravovanej norme *STN 72 7221 – 4*:

Otázka a): *posúdenie navrhovanej minimálnej hodnoty pevnosti v ťahu kolmo na rovinu (TR) tepelnoizolačnej dosky na báze minerálnych vláken v systéme ETICS*

V pripravovanej norme *STN 72 7221 – 4* je stanovená minimálna hodnota pevnosti v ťahu kolmo na rovinu *TR* = 15 kPa.

Odpoveď na otázku a): **deklarovaná hodnota pevnosti v ťahu kolmo na rovinu tepelnoizolačnej dosky, na báze minerálnych vláken vo forme dosiek s pozdĺžnou orientáciou vláken pre systém ETICS, *TR* = 10 kPa vyhovuje pre namáhanie maximálnym saním vetra pre výšky budovy do 190 m (MSÚ – medzný stav únosnosti).**

Avšak, keď sa vezme do úvahy deformácia (MSP – medzný stav použiteľnosti), tak pri navrhovanom module pružnosti v ťahu E_x = 425 kPa by materiál vyhovoval do výšky 50 m nad terénom do nadmorskej výšky 700 m n. m. (BPV).

Keďže modul pružnosti nie je výstupom tohto posudku, je možné jeho vplyv vyjadriť prostredníctvom jeho závislosti na medznej únosnosti v ťahu *TR*. V tom prípade by pre výšku 50 m nad terénom bola potrebná hodnota TR_k = 9,2 kPa (vyplývajúce z regresnej analýzy závislosti meraných vzoriek). To znamená, že výrobok s *TR10* by vyhovoval do výšky 50 m so zohľadnením deformácie.

Otázka b): *posúdenie navrhovanej minimálnej hodnoty pevnosti v šmyku (SS) tepelnoizolačnej dosky na báze minerálnych vláken v systéme ETICS*

V pripravovanej norme *STN 72 7221 – 4* je stanovená minimálna hodnota pevnosti v šmyku *SS* = 20 kPa.

Odpoveď na otázku b): **minimálna požadovaná hodnota pevnosti v šmyku určená posudkom je *SS* = 1,81 kPa, bez obmedzenia výšky budovy, pri maximálnej hrúbke tepelnoizolačnej dosky do *d* = 200 mm (pre tepelnoizolačný materiál na báze minerálnych vláken vo forme dosiek s pozdĺžnou orientáciou vláken pre systém ETICS s povrchovou úpravou omietkou).**

Otázka c): *posúdenie navrhovanej minimálnej hodnoty modulu pružnosti v šmyku (G_m) tepelnoizolačnej dosky na báze minerálnych vláken v systéme ETICS*

V pripravovanej norme *STN 72 7221 – 4* je stanovená modulu pružnosti v šmyku G_m = 1000 kPa.

Odpoveď na otázku c): **minimálna požadovaná hodnota modulu pružnosti v šmyku určená posudkom je G_m = 225 kPa, bez obmedzenia výšky budovy, pri maximálnej hrúbke tepelnoizolačnej dosky do *d* = 200 mm (pre tepelnoizolačný materiál na báze minerálnych vláken vo forme dosiek s pozdĺžnou orientáciou vláken pre systém ETICS s povrchovou úpravou omietkou).**

Zabezpečenie strany bezpečnosti návrhu minimálnych hodnôt medznej pevnosti v ťahu *TR*, medznej pevnosti v šmyku *SS* a modulu pružnosti v šmyku G_m

<table>
<tr><th colspan="2">Kategória</th><th colspan="3">Výpočet únosnosti (MSÚ)</th><th colspan="3">Reálny stav</th></tr>
<tr><td colspan="2">Zaťaženie vetrom na plochu</td><td>hodnota sania vo výške 50 m nad terénom</td><td>+ 50 %</td><td>-2,55 kPa</td><td>hodnota sania vo výške 50 m nad terénom</td><td>+ 0 %</td><td>-1,70 kPa</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="2">Zaťaženie vlastnou tiažou na plochu</td><td>pre všetky vrstvy systému ETICS</td><td>+ 35 %</td><td rowspan="2">67,5 kg/m^2</td><td>pre všetky vrstvy systému ETICS</td><td>0 %</td><td rowspan="2">32,7 kg/m^2</td></tr>
<tr><td colspan="2">uvažovaná objemová hmotnosť dosky z MW 150 kg/m^3</td><td>priemerná hodnota objemová hmotnosť dosky z MW 105 kg/m^3</td></tr>
<tr><td rowspan="3">Kotvenie</td><td>šmyk</td><td colspan="3">len lepenie 40 % plochy dosky</td><td colspan="3">len lepenie 47 % plochy dosky</td></tr>
<tr><td>sanie vetra</td><td colspan="3">mechanické kotvenie 5 ks/m^2</td><td colspan="3">mechanické kotvenie 13,33 ks/m^2</td></tr>
<tr><td>sanie vetra + šmyk</td><td colspan="3">lepenie 40 % plochy dosky + mechanické kotvenie 5 ks/m^2</td><td colspan="3">lepenie 47 % plochy dosky + mechanické kotvenie 13,33 ks/m^2</td></tr>
</table>

Tabuľka 9 Prehľad navýšení výpočtu oproti reálnemu stavu.

Znalecký posudok vypracovali jeho riešitelia, potvrdiť jeho správnosť a podať žiadané vysvetlenia môže v zmysle §16 vyhlášky MS SR č. 228/2018 Z. z.: doc. Ing. Oľga Ivánkova, PhD.

V Bratislave, dňa 26.03.2020

.....	.....
prof. Ing. Stanislav Unčík, PhD.	**doc. Ing. Zora Petráková, PhD**
rektorom poverený štatutárny zástupca znaleckého ústavu v odbore Stavebníctvo dekan Stavebnej fakulty STU Bratislava	osoba zodpovedná za výkon znaleckej činnosti v odbore Stavebníctvo

IV. PRÍLOHY

Č.	Popis	počet strán
1.	Objednávka zo dňa 20.1.2020	2
2.	Analýza materiálovej bázy pre systém ETICS pre určenie zaťaženia vlastnou tiažou	4
3.	Prehľad nadmorskej výšky okresných miest na Slovensku	2
4.	Určenie zaťaženia saním a tlakom vetra	4
5.	Výpočet charakteristických únosnosti v ťahu pre tepelnoizolačné dosky z MW pri zmene zaťaženia saním vetra	2
6.	Porovnanie nameraných deformácií s deformáciami výpočtového modelu	5
7.	Určenie modulov pružnosti, medzných síl a elastických zón deformácií meraných vzoriek	9
8.	Schéma základných typov mechanického kotvenia systému ETICS s dodatočným lepením	2
9.	Výpočet histogramu	2
10.	Potvrdenie o maximálnej objemovej hmotnosti	5
11.	Výsledky deformácií zaťažovacích stavov	2
Spolu počet strán príloh		**39**

Príloha 1

- **Objednávka znaleckého posudku**

Objednávateľ:

Asociácia výrobcov minerálnych izolácií, z.z.p.o.
Račianska 88B
831 02 Bratislava
Slovenská republika

Dodávateľ:

Slovenská technická univerzita v Bratislave
Vazovova 5, 812 43 Bratislava

Korešpondenčná adresa:
Stavebná fakulta STU, Ústav súdneho znalectva
Radlinského 11, 810 05 Bratislava 15
Fakturačné údaje:

IČO:	397687
DIČ:	2020845255
IČ DPH:	SK2020845255
peňažný ústav:	štátna pokladnica

číslo účtu IBAN: SK74 8180 0000 0070 0008 4162

Vec: Objednávka

Objednávame u Vás znalecký posudok vo veci :

a) posúdenia navrhovanej minimálnej hodnoty pevnosti v ťahu kolmo na rovinu (*TR*) tepelnoizolačnej dosky na báze minerálnych vláken v systéme ETICS,
b) posúdenia navrhovanej minimálnej hodnoty pevnosti v šmyku v smere „z“ (f_τ) tepelnoizolačnej dosky na báze minerálnych vláken v systéme ETICS,
c) posúdenia navrhovanej minimálnej hodnoty modulu pružnosti v šmyku v smere „z“ (G_m) tepelnoizolačnej dosky na báze minerálnych vláken v systéme ETICS.

Príloha 2

- **Analýza materiálovej bázy pre systém ETICS pre určenie zaťaženia vlastnou tiažou:**
  - Lepiaca malta
  - Tepelná izolácia pre systém ETICS
  - Armovacia stierka
  - Armovacia sieťovina
  - Omietka

❑ Lepiaca malta

Lepiaca malta	Hrúbka		Objemová hmotnosť		Spotreba		Max. tiaž
	d		*ρ*		*m*		*g*
	mm		kg/m^3		kg/m^2		kN/m^2
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	
Baumit ProContact	0,003	0,006	1300	1300	5,0	5,0	0,0491
Baumit StarContact White	0,003	0,005	1400	1400	5,0	5,0	0,0491
Baumit StarContact	0,003	0,005	1400	1400	5,0	5,0	0,0491
Baumit openContact	0,003	0,005	1350	1350	4,5	5,5	0,0540
Baumit PoroContact W	0,003	0,005	1050	1050	4,0	5,0	0,0491
Baumit DuoContact	0,003	0,006	1350	1350	5,0	5,0	0,0491
Webertherm exclusive (401 PE)	0,003	0,005	1350	1550	4,0	5,0	0,0491
Webertherm KPS (401 P)	0,003	0,005	1400	1600	4,0	5,0	0,0491
							0,0000
Sto-Baukleber	0,003	0,005	1400	1400	5,0	6,0	0,0589
StoLevell Uni	0,003	0,005	1400	1400	5,0	6,0	0,0589
Murexin Energy TOP	0,003	0,005	1350	1350	4,0	5,0	0,0491
Murexin Energy Star	0,003	0,005	1300	1300	4,0	5,0	0,0491
Murexin Energy Diamond Maximo M 70	0,003	0,005	1300	1300	4,0	5,0	0,0491
Charakteristické zaťaženie vlastnou tiažou - Lepiaca malta					$g_{k,1}$ =	max (*g*) =	0,0589

❑ Tepelná izolácia pre systém ETICS

Tepelná izolácia pre systém ETICS	Hrúbka		Objemová hmotnosť		Spotreba		Max. tiaž
	d		*ρ*		*m*		*g*
	mm		kg/m^3		kg/m^2		kN/m^2
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	
Isover TF Profi	0,200	0,200	110,0	140,0	22,00	28,00	0,2747
Knauf Insulation SMARTwall N C1	0,200	0,200	90,0	90,0	18,00	18,00	0,1766
Knauf Insulation SMARTwall S C1	0,200	0,200	110,5	110,5	22,10	22,10	0,2168
Knauf Insulation FKD RS C1	0,200	0,200	100,0	100,0	20,00	20,00	0,1962
RockWool FrontRock Max E	0,200	0,200	95,6	95,6	19,12	19,12	0,1876
RockWool FrontRock S	0,200	0,200	110,0	110,0	22,00	22,00	0,2158
Výrobné maximum stanovené AVMI	0,200	0,200	200,0	150,0	40,00	30,00	0,2943
Charakteristické zaťaženie vlastnou tiažou - Tepelná izolácia pre systém ETICS					$g_{k,2}$ =	max (*g*) =	0,2747

❑ Armovacia stierka

Armovacia stierka	Hrúbka		Objemová hmotnosť		Spotreba		Max. tiaž
	d		*ρ*		*m*		*g*
	mm		kg/m^3		kg/m^2		kN/m^2
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	
Baumit ProContact	0,003	0,006	1300	1300	7,0	7,0	0,0687
Baumit StarContact White	0,003	0,005	1400	1400	7,0	7,0	0,0687
Baumit StarContact	0,003	0,005	1400	1400	7,0	7,0	0,0687
Baumit openContact	0,003	0,005	1350	1350	4,5	5,0	0,0491
Baumit PoroContact W	0,003	0,005	1050	1050	5,0	6,0	0,0589
Baumit DuoContact	0,003	0,006	1350	1350	7,0	7,0	0,0687
Webertherm exclusive (401 PE)	0,003	0,005	1350	1550	5,0	6,0	0,0589
Webertherm KPS (401 P)	0,003	0,005	1400	1600	5,0	6,0	0,0589
							0,0000
StoArmat Classic plus	0,003	0,005	1400	1600	5,0	5,5	0,0540
StoLevell Uni	0,003	0,005	1400	1400	4,0	5,0	0,0491
Murexin Energy TOP	0,003	0,005	1350	1350	3,5	4,5	0,0441
Murexin Energy Star	0,003	0,005	1300	1300	3,5	4,5	0,0441
Murexin Energy Diamond Maximo M 70	0,003	0,005	1300	1300	4,5	5,5	0,0540
Charakteristické zaťaženie vlastnou tiažou - Armovacia stierka					$g_{k,3}$ =	max (*g*) =	0,0687

❑ Armovacia sieťovina

Armovacia sieťovina	Hrúbka		Objemová hmotnosť		Spotreba		Max. tiaž
	d		*ρ*		*m*		*g*
	mm		kg/m^3		kg/m^2		kN/m^2
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	
Baumit OpenTex	0,001	0,001	-	-	0,145	0,145	0,0014
Baumit StarTex	0,001	0,001	-	-	0,145	0,145	0,0014
Baumit DuoTex	0,001	0,001	-	-	0,145	0,145	0,0014
Sto-Glasfasergewebe F	0,001	0,001	-	-	0,165	0,165	0,0016
Murexin Energy Textile	0,001	0,001	-	-	0,145	0,145	0,0014
Charakteristické zaťaženie vlastnou tiažou - Armovacia stierka					$g_{k,4}$ =	max (*g*) =	0,0016

Omietka	Hrúbka d mm		Objemová hmotnosť ρ kg/m³		Spotreba m kg/m²		Max. tiaž g kN/m²
	min.	max.	min.	max.	min.	max.	
Baumit StarTop	0,001	0,003	1800	1800	2,0	3,9	0,0383
Baumit PuraTop	0,001	0,003	1800	1800	2,0	3,9	0,0383
Baumit NanoporTop	0,002	0,003	1800	1800	2,0	3,9	0,0383
Baumit openTop	0,0015	0,003	1800	1800	2,5	3,9	0,0383
Baumit SilikonTop	0,0015	0,003	1800	1800	2,5	3,9	0,0383
Baumit SilikatTop	0,0015	0,003	1800	1800	2,5	3,9	0,0383
Baumit GranoporTop	0,0015	0,003	1800	1800	2,5	3,9	0,0383
Weberpas akrylátová	0,0015	0,002	-	-	2,6	3,2	0,0314
Weberpas silikátová	0,0015	0,002	-	-	2,5	3,2	0,0314
Weberpas exclusive	0,0015	0,002	-	-	2,5	3,2	0,0314
Weberpas clean nano	0,0015	0,002	-	-	2,5	3,2	0,0314
Weberpas aquabalance	0,001	0,003	-	-	1,5	4,5	0,0441
Weberpas topdry	0,0015	0,002	-	-	2,5	3,2	0,0314
Stolit K	0,0015	0,003	1700	1900	1,8	4,3	0,0422
Stolit R	0,0015	0,003	1700	1900	1,5	3,0	0,0294
Stolit MP	0,0015	0,003	1700	1900	1,5	4,0	0,0392
Murexin Energy Crystal	0,0015	0,003	1800	1800	2,5	3,9	0,0383
Murexin Energy Furioso	0,0015	0,003	1800	1800	2,5	3,9	0,0383
Murexin Energy Clean	0,0015	0,003	1800	1800	2,5	3,9	0,0383
Charakteristické zaťaženie vlastnou tiažou - Omietka					$g_{k,5}$ =	max (g) =	0,0441

Charakteristické plošné zaťaženie vlastnou tiažou ETICS	i = 2 n = 5	$g_{k,ETICS} = \sum g_{k,i}$ =	**0,389**	**kN/m²**
Charakteristické plošné zaťaženie vlastnou tiažou MW	i = 2 n = 2	$g_{k,MW} = \sum g_{k,i}$ =	**0,275**	**kN/m²**
Charakteristické plošné zaťaženie vlastnou tiažou bez MW	i = 3 n = 5	$g_k = \sum g_{k,i}$ =	**0,114**	**kN/m²**
Návrhové plošné zaťaženie vlastnou tiažou ETICS	γ_g = 1,35	$g_{d,ETICS} = g_{k,ETICS} \times \gamma_g$ =	**0,525**	**kN/m²**
Návrhové plošné zaťaženie vlastnou MW	γ_g = 1,35	$g_{d,MW} = g_{k,MW} \times \gamma_g$ =	**0,371**	**kN/m²**
Návrhové plošné zaťaženie vlastnou tiažou bez MW	γ_g = 1,35	$g_d = g_k \times \gamma_g$ =	**0,154**	**kN/m²**

Príloha 3

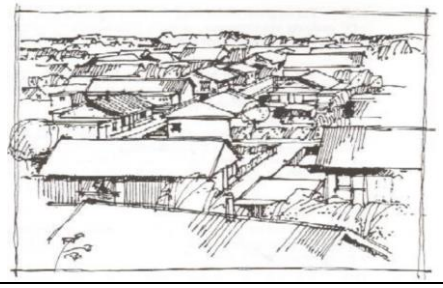
- **Prehľad nadmorskej výšky okresných miest na Slovensku:**

Názov mesta	Nadmorská výška (m n.m.) BPV	Názov mesta	Nadmorská výška (m n.m.) BPV
Malacky	159	Tvrdošín	569
Pezinok	152	Žilina	342
Senec	137	Banská Bystrica	362
Bratislava	134	Banská Štiavnica	600
Dunajská Streda	118	Brezno	498
Galanta	118	Detva	400
Hlohovec	156	Krupina	262
Piešťany	162	Lučenec	190
Senica	208	Poltár	240
Skalica	186	Revúca	318
Trnava	146	Rimavská Sobota	210
Komárno	110	Veľký Krtíš	200
Levice	163	Zvolen	293
Nitra	190	Žarnovica	230
Nové Zámky	119	Žiar nad Hronom	279
Topoľčany	174	Bardejov	283
Zlaté Moravce	196	Humenné	156
Bánovce nad Bebravou	216	Kežmarok	626
Ilava	255	Levoča	570
Myjava	325	Medzilaborce	326
Nové Mesto nad Váhom	195	Poprad	672
Partizánske	195	Prešov	250
Považská Bystrica	288	Sabinov	320
Prievidza	280	Snina	216
Púchov	265	Stará Ľubovňa	545
Trenčín	211	Stropkov	202
Bytča	337	Svidník	230
Čadca	420	Vranov nad Topľou	132
Dolný Kubín	468	Gelnica	372
Kysucké Nové Mesto	358	Košice	206
Liptovský Mikuláš	577	Michalovce	115
Martin	395	Rožňava	313
Námestovo	614	Sobrance	122
Ružomberok	494	Spišská Nová Ves	430
Turčianske Teplice	518	Trebišov	109

Príloha 4

- **Určenie zaťaženia saním a tlakom vetra:**
- Analýza výškových pomerov panelovej výstavby
- Výpočet zaťaženia saním a tlakom vetra

Typ	Rok výstavby	Druh	Počet podlaží *n* -	Konštrukčná výška h_0 m	Výška objektu *h* m	Maximálna šírka *l* m	Maximálna hĺbka *b* m
BA	1955	Radový dom	7	3	21,00	23,65	12,07
BA		Vežový dom	12	3	36,00	23,42	21,27
G 57	1958	Radový dom	6	2,85	17,10	47,08	11,28
LB	1958	Radový dom	9	2,85	25,65	24,40	12,00
MB	1958	Vežový dom	14	2,85	39,90	15,15	13,95
MS 5	1962	Radový dom	5	2,8	14,00	25,50	11,40
MS 11	1962	Vežový dom	11	2,8	30,80	25,90	11,34
T 06 B ŽA	1964	Radový dom	8	2,8	22,40	18,00	11,38
T 06 B ŽA		Bodový dom	8	2,8	22,40	18,58	18,71
T 06 B ŽA		Vežový dom	12	2,8	33,60	24,65	24,65
T 06 B KE	1963	Radový dom	8	2,8	22,40	32,79	10,23
T 06 B KE		Bodový dom	8	2,8	22,40	22,23	16,39
T 06 B KE		Vežový dom	13	2,8	36,40	24,65	24,65
T 06 B BB	1963	Radový dom	8	2,8	22,40	32,70	11,40
T 06 B BB		Vežový dom	11	2,8	30,80	18,90	11,25
T 06 B BA	1964	Radový dom	8	2,8	22,40	33,09	12,56
T 06 B BA		Vežový dom	12	2,8	33,60	20,51	20,51
T 06 B NA	1970	Radový dom	8	2,8	22,40	32,81	10,10
T 06 B NA		Vežový dom	12	2,8	33,60	22,26	16,25
T 08 B KE	1963	Radový dom	8	2,8	22,40	36,70	12,50
T 08 B KE		Vežový dom	11	2,8	30,80		
ZT	1966	Radový dom	8	2,8	22,40	47,16	10,76
ZT		Vežový dom	13	2,8	36,40	23,19	14,16
ZTB	1972	Radový dom	8	2,8	22,40	35,04	10,76
ZTB		Vežový dom	13	2,8	36,40	27,69	13,51
BA - BC	1972	Radový dom	9	2,7	24,30	64,68	9,66
B 70	1975	Radový dom	8	2,8	22,40	43,59	11,19
B 70		Vežový dom	8	2,8	22,40	29,19	21,99
BA NKS	1975	Radový dom	8	2,8	22,40	30,29	11,23
BA NKS		Vežový dom	12	2,8	33,60	22,63	21,43
P1.14 - 6.5RP	1975	Radový dom	8	2,8	22,40	55,65	12,60
P1.14 - 6.5RP		Vežový dom	12	2,8	33,60	19,65	19,80
P1.14 - 7.5RP	1984	Radový dom	8	2,8	22,40	29,25	12,60
P1.14 - 7.5RP		Vežový dom	13	2,8	36,40	25,05	19,80
P1.15	1980	Radový dom	8	2,8	22,40	29,55	12,60
P1.15		Vežový dom	12	2,8	33,60	23,55	23,55
PS - 82 TT		Radový dom	9	2,8	25,20	32,85	11,40
PS - 82 TT		Bodový dom	9	2,8	25,20	29,25	16,20
PS - 82 TT		Vežový dom	14	2,8	39,20	25,65	16,20
PS - 82 PP		Radový dom	9	2,8	25,20	32,85	11,40
PS - 82 PP		Bodový dom	9	2,8	25,20	29,25	16,20
PS - 82 PP		Vežový dom	14	2,8	39,20	25,65	16,20

Kategória terénu III	z_0 =	0,300	Plochy pravidelne pokryté vegetáciou alebo budovami, prekážkami, ktoré sú od seba vzdialené najviac 20-násobok ich výšky (dediny, predmestia, súvislý les)
	$z_{0,II}$ =	0,050	
	z_{min} =	5,000	
súčiniteľ smeru vetra	c_{dir} =	1,000	
súčiniteľ sezónneho vplyvu vetra	c_{season} =	1,000	
súčiniteľ orografie	c_0 =	1,000	
súčiniteľ terénu	k_r =	0,215	
súčiniteľ turbulencie	k_1 =	1,000	
hustota vzduchu (kg/m^3)	ρ =	1,250	

Výška budovy	Základná rýchlosť vetra	Súčiniteľ drsnosti terénu	Charakteristická stredná rýchlosť vetra	Základný tlak vetra	Intenzita turbulencie vetra	Súčiniteľ celkového vystavenia budovy vetru	Maximálny charakteristický tlak vetra	Tlak vetra na oblasti budovy				
								Oblasť A	Oblasť B	Oblasť C	Oblasť D	Oblasť E
								$c_{pe,1,A}$	$c_{pe,1,B}$	$c_{pe,1,C}$	$c_{pe,1,D}$	$c_{pe,1,E}$
								-1,4	-0,8	-1,1	1	-0,7
h	$v_{b,0}$	c_r(h)	v_m(h)	q_b(h)	I_v(h)	c_e(h)	q_p(h)	$w_{eh,A}$	$w_{eh,B}$	$w_{eh,C}$	$w_{eh,D}$	$w_{eh,E}$
m	m/s	-	m/s	Pa	-	-	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa	kPa
10	26	0,76	19,6	241,0	0,29	3,00	0,72	-1,01	-0,58	-0,79	0,72	-0,51
15	26	0,84	21,9	300,0	0,26	2,79	0,84	-1,17	-0,67	-0,92	0,84	-0,59
20	26	0,90	23,5	345,7	0,24	2,67	0,92	-1,29	-0,74	-1,01	0,92	-0,65
25	26	0,95	24,8	383,4	0,23	2,58	0,99	-1,39	-0,79	-1,09	0,99	-0,69
30	26	0,99	25,8	415,7	0,22	2,52	1,05	-1,47	-0,84	-1,15	1,05	-0,73
35	26	1,03	26,7	444,0	0,21	2,47	1,10	-1,54	-0,88	-1,21	1,10	-0,77
40	26	1,05	27,4	469,2	0,20	2,43	1,14	-1,60	-0,91	-1,25	1,14	-0,80
45	26	1,08	28,1	492,1	0,20	2,40	1,18	-1,65	-0,94	-1,30	1,18	-0,83
50	26	1,10	28,7	513,0	0,20	2,37	1,21	-1,70	-0,97	-1,34	1,21	-0,85
55	26	1,12	29,2	532,3	0,19	2,34	1,25	-1,75	-1,00	-1,37	1,25	-0,87
60	26	1,14	29,7	550,2	0,19	2,32	1,28	-1,79	-1,02	-1,40	1,28	-0,89
65	26	1,16	30,1	567,0	0,19	2,30	1,30	-1,83	-1,04	-1,44	1,30	-0,91
70	26	1,17	30,5	582,7	0,18	2,28	1,33	-1,86	-1,06	-1,46	1,33	-0,93
75	26	1,19	30,9	597,6	0,18	2,27	1,36	-1,90	-1,08	-1,49	1,36	-0,95
80	26	1,20	31,3	611,6	0,18	2,25	1,38	-1,93	-1,10	-1,52	1,38	-0,96
85	26	1,22	31,6	625,0	0,18	2,24	1,40	-1,96	-1,12	-1,54	1,40	-0,98
90	26	1,23	31,9	637,7	0,18	2,23	1,42	-1,99	-1,14	-1,56	1,42	-0,99
95	26	1,24	32,2	649,8	0,17	2,22	1,44	-2,02	-1,15	-1,58	1,44	-1,01
100	26	1,25	32,5	661,5	0,17	2,20	1,46	-2,04	-1,17	-1,60	1,46	-1,02
105	26	1,26	32,8	672,6	0,17	2,19	1,48	-2,07	-1,18	-1,62	1,48	-1,03

110	26	1,27	33,1	683,3	0,17	2,19	1,49	-2,09	-1,19	-1,64	1,49	-1,05
115	26	1,28	33,3	693,7	0,17	2,18	1,51	-2,11	-1,21	-1,66	1,51	-1,06
120	26	1,29	33,6	703,6	0,17	2,17	1,53	-2,14	-1,22	-1,68	1,53	-1,07
125	26	1,30	33,8	713,2	0,17	2,16	1,54	-2,16	-1,23	-1,70	1,54	-1,08
130	26	1,31	34,0	722,6	0,16	2,15	1,56	-2,18	-1,24	-1,71	1,56	-1,09
135	26	1,32	34,2	731,6	0,16	2,15	1,57	-2,20	-1,26	-1,73	1,57	-1,10
140	26	1,32	34,4	740,3	0,16	2,14	1,58	-2,22	-1,27	-1,74	1,58	-1,11
145	26	1,33	34,6	748,8	0,16	2,13	1,60	-2,24	-1,28	-1,76	1,60	-1,12
150	26	1,34	34,8	757,0	0,16	2,13	1,61	-2,25	-1,29	-1,77	1,61	-1,13
155	26	1,35	35,0	765,0	0,16	2,12	1,62	-2,27	-1,30	-1,78	1,62	-1,14
160	26	1,35	35,2	772,8	0,16	2,11	1,63	-2,29	-1,31	-1,80	1,63	-1,14
165	26	1,36	35,3	780,4	0,16	2,11	1,65	-2,30	-1,32	-1,81	1,65	-1,15
170	26	1,37	35,5	787,8	0,16	2,10	1,66	-2,32	-1,33	-1,82	1,66	-1,16
175	26	1,37	35,7	795,0	0,16	2,10	1,67	-2,34	-1,34	-1,84	1,67	-1,17
180	26	1,38	35,8	802,1	0,16	2,09	1,68	-2,35	-1,34	-1,85	1,68	-1,18
185	26	1,38	36,0	809,0	0,16	2,09	1,69	-2,37	-1,35	-1,86	1,69	-1,18
190	26	1,39	36,1	815,7	0,16	2,09	1,70	-2,38	-1,36	-1,87	1,70	-1,19
110	26	1,27	33,1	683,3	0,17	2,19	1,49	-2,09	-1,19	-1,64	1,49	-1,05

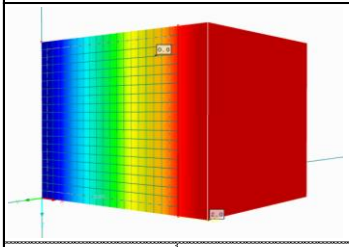
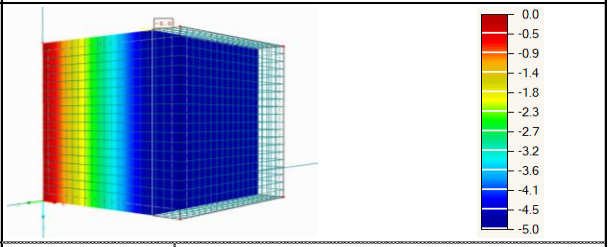
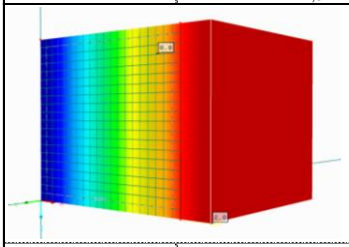
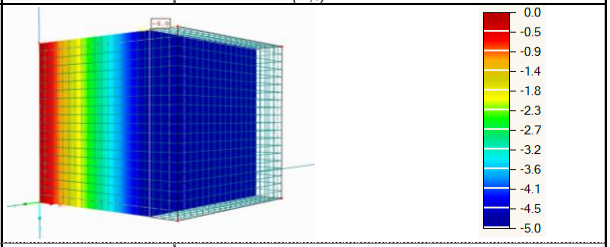
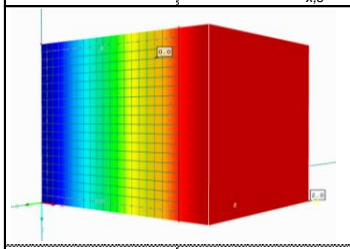
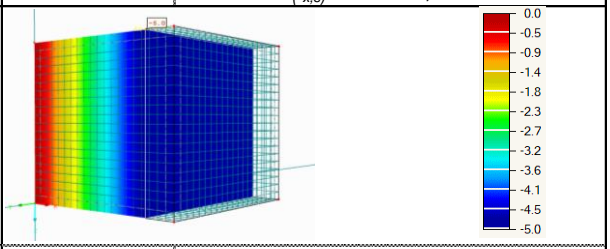
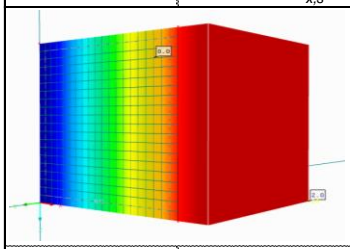
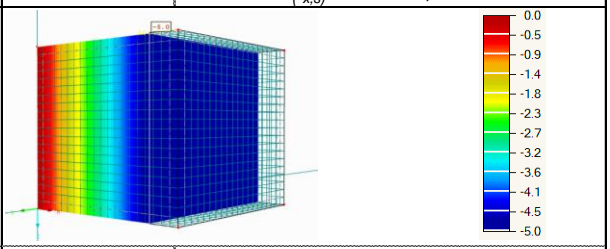
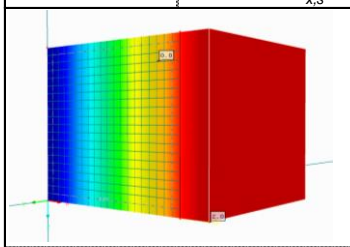
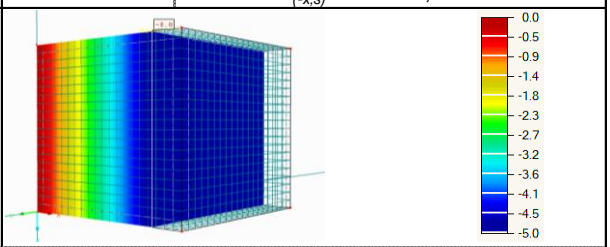
Príloha 5

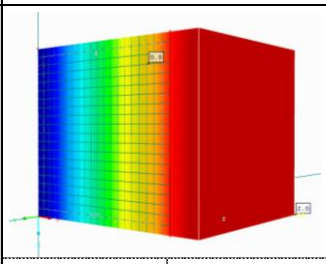
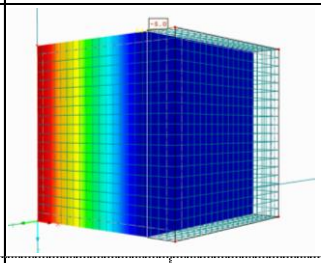
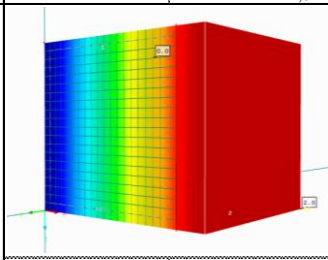
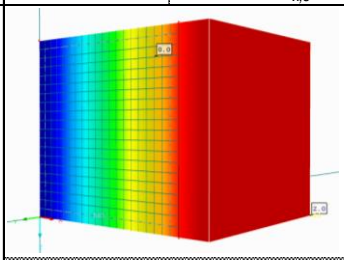
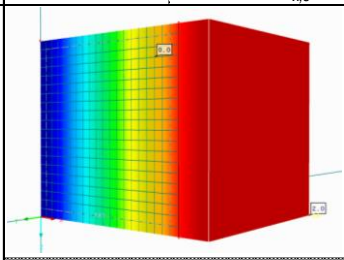
- **Výpočet charakteristických únosnosti v ťahu pre tepelnoizolačné dosky z MW pri zmene zaťaženia saním vetra**

Výška budovy	Oblasť A	Parciálny súčiniteľ zaťaženia	Parciálny súčiniteľ materiálu	Minimálna požiadavka na medznú únosnosť v ťahu podľa STN EN 13 162 + A1
	$c_{pe,1,A}$	γ_q	γ_M	
	-1,4	1,5	2,73	
	Oblasť zaťažená maximálnym saním	Návrhové zaťaženie saním	Charakteristická únosnosť materiálu	
h	$w_{eh,A}$	$q_{w,d}$	TR_k	TR
m	kPa	kPa	kPa	kPa
10	-1,01	-1,52	4,15	TR10
15	-1,17	-1,76	4,80	TR10
20	-1,29	-1,94	5,29	TR10
25	-1,39	-2,08	5,68	TR10
30	-1,47	-2,20	6,01	TR10
35	-1,54	-2,30	6,30	TR10
40	-1,60	-2,40	6,55	TR10
45	-1,65	-2,48	6,77	TR10
50	-1,70	-2,55	6,97	TR10
55	-1,75	-2,62	7,16	TR10
60	-1,79	-2,68	7,33	TR10
65	-1,83	-2,74	7,49	TR10
70	-1,86	-2,79	7,64	TR10
75	-1,90	-2,85	7,78	TR10
80	-1,93	-2,89	7,91	TR10
85	-1,96	-2,94	8,03	TR10
90	-1,99	-2,98	8,15	TR10
95	-2,02	-3,02	8,26	TR10
100	-2,04	-3,06	8,37	TR10
105	-2,07	-3,10	8,47	TR10
110	-2,09	-3,14	8,57	TR10
115	-2,11	-3,17	8,67	TR10
120	-2,14	-3,20	8,76	TR10
125	-2,16	-3,24	8,84	TR10
130	-2,18	-3,27	8,93	TR10
135	-2,20	-3,30	9,01	TR10
140	-2,22	-3,33	9,09	TR10
145	-2,24	-3,35	9,17	TR10
150	-2,25	-3,38	9,24	TR10
155	-2,27	-3,41	9,31	TR10
160	-2,29	-3,43	9,38	TR10
165	-2,30	-3,46	9,45	TR10
170	-2,32	-3,48	9,52	TR10
175	-2,34	-3,50	9,58	TR10
180	-2,35	-3,53	9,64	TR10
185	-2,37	-3,55	9,70	TR10
190	-2,38	-3,57	9,76	TR10

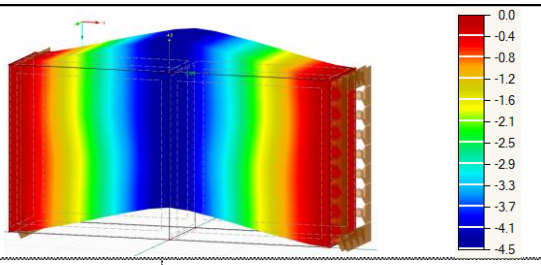
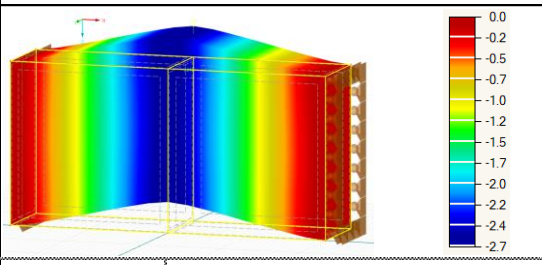
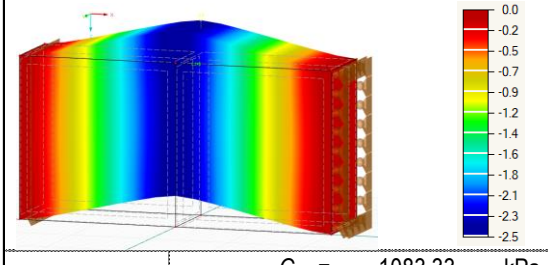
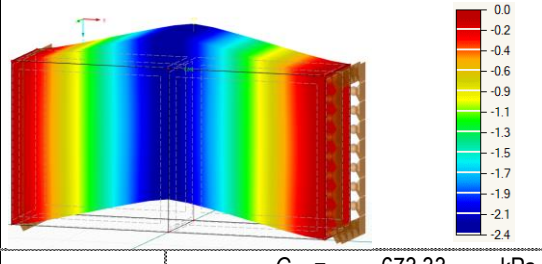
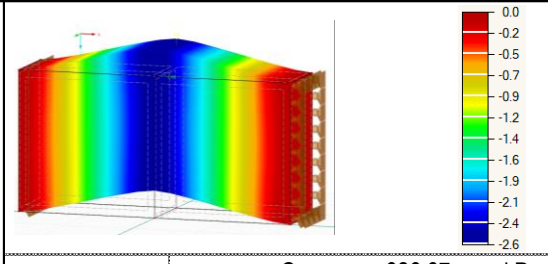
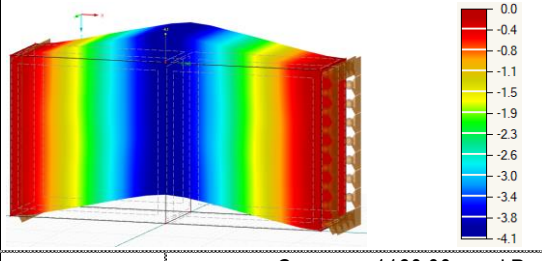
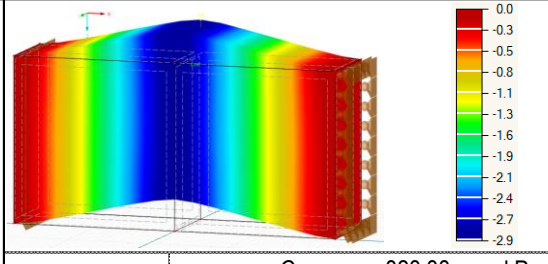
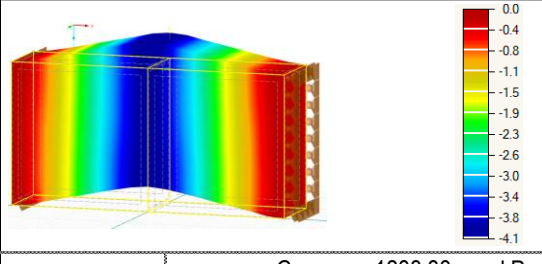
Príloha 6

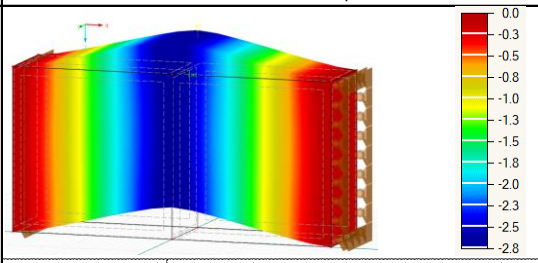
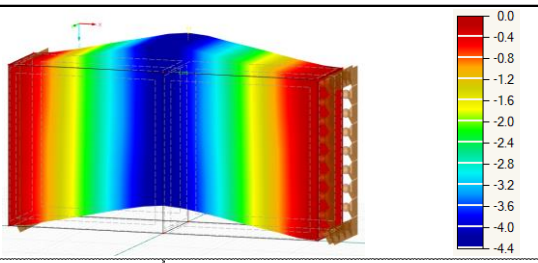
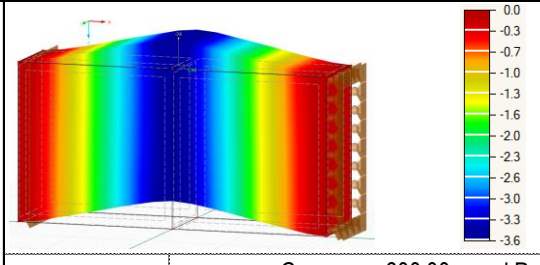
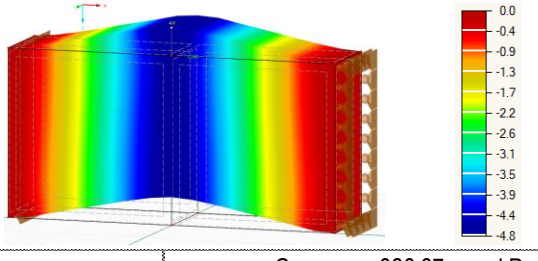
- **Porovnanie nameraných deformácií s deformáciami výpočtového modelu:**
  - Ťah
  - Tlak
  - Šmyk

Ťah				Tlak			
							
Vstupné údaje	E_x =	1287,50	kPa	Vstupné údaje	$E_{(-x)}$ =	810,00	kPa
	σ_x =	12,88	kPa		$\sigma_{(-x)}$ =	20,25	kPa
Meranie	u_x =	2,00	mm	Meranie	$u_{(-x)}$ =	5,00	mm
Simulácia	$u_{x,s}$ =	2,00	mm	Simulácia	$u_{(-x,s)}$ =	5,00	mm
							
Vstupné údaje	E_x =	1500,00	kPa	Vstupné údaje	$E_{(-x)}$ =	935,00	kPa
	σ_x =	15,00	kPa		$\sigma_{(-x)}$ =	23,38	kPa
Meranie	u_x =	2,00	mm	Meranie	$u_{(-x)}$ =	5,00	mm
Simulácia	$u_{x,s}$ =	2,00	mm	Simulácia	$u_{(-x,s)}$ =	5,00	mm
							
Vstupné údaje	E_x =	1050,00	kPa	Vstupné údaje	$E_{(-x)}$ =	710,00	kPa
	σ_x =	10,50	kPa		$\sigma_{(-x)}$ =	17,75	kPa
Meranie	u_x =	2,00	mm	Meranie	$u_{(-x)}$ =	5,00	mm
Simulácia	$u_{x,s}$ =	2,00	mm	Simulácia	$u_{(-x,s)}$ =	5,00	mm
							
Vstupné údaje	E_x =	1112,50	kPa	Vstupné údaje	$E_{(-x)}$ =	820,00	kPa
	σ_x =	11,13	kPa		$\sigma_{(-x)}$ =	20,50	kPa
Meranie	u_x =	2,00	mm	Meranie	$u_{(-x)}$ =	5,00	mm
Simulácia	$u_{x,s}$ =	2,00	mm	Simulácia	$u_{(-x,s)}$ =	5,00	mm
							
Vstupné údaje	E_x =	687,50	kPa	Vstupné údaje	$E_{(-x)}$ =	490,00	kPa
	σ_x =	6,88	kPa		$\sigma_{(-x)}$ =	12,25	kPa
Meranie	u_x =	2,00	mm	Meranie	$u_{(-x)}$ =	5,00	mm
Simulácia	$u_{x,s}$ =	2,00	mm	Simulácia	$u_{(-x,s)}$ =	5,00	mm

	Ťah				Tlak			
Vzorka C - 2								
Vstupné údaje	E_x =	537,50	kPa		Vstupné údaje	$E_{(-x)}$ =	430,00	kPa
	σ_x =	5,38	kPa			$\sigma_{(-x)}$ =	10,75	kPa
Meranie	u_x =	2,00	mm		Meranie	$u_{(-x)}$ =	5,00	mm
Simulácia	$u_{x,s}$ =	2,00	mm		Simulácia	$u_{(-x,s)}$ =	5,00	mm
Vzorka C - 3								
Vstupné údaje	E_x =	662,50	kPa		Vstupné údaje	$E_{(-x)}$ =		kPa
	σ_x =	6,63	kPa			$\sigma_{(-x)}$ =		kPa
Meranie	u_x =	2,00	mm		Meranie	$u_{(-x)}$ =		mm
Simulácia	$u_{x,s}$ =	2,00	mm		Simulácia	$u_{(-x,s)}$ =		mm
Vzorka C - 4								
Vstupné údaje	E_x =	562,50	kPa		Vstupné údaje	$E_{(-x)}$ =		kPa
	σ_x =	5,63	kPa			$\sigma_{(-x)}$ =		kPa
Meranie	u_x =	2,00	mm		Meranie	$u_{(-x)}$ =		mm
Simulácia	$u_{x,s}$ =	2,00	mm		Simulácia	$u_{(-x,s)}$ =		mm
Vzorka C - 5								
Vstupné údaje	E_x =	762,50	kPa		Vstupné údaje	$E_{(-x)}$ =		kPa
	σ_x =	7,63	kPa			$\sigma_{(-x)}$ =		kPa
Meranie	u_x =	2,00	mm		Meranie	$u_{(-x)}$ =		mm
Simulácia	$u_{x,s}$ =	2,00	mm		Simulácia	$u_{(-x,s)}$ =		mm

ŠMYK

	SMER A-B ↕				SMER C-D ↔			
A - 1								
	Vstupné údaje	G_{yz} =	1083,33	kPa	Vstupné údaje	G_{yz} =	830,00	kPa
		σ_{yz} =	16,25	kPa		σ_{yz} =	12,45	kPa
	Meranie	u_z =	3,00	mm	Meranie	u_z =	3,00	mm
	Simulácia	$u_{z,s}$ =	4,50	mm	Simulácia	$u_{z,s}$ =	2,70	mm
A - 2								
	Vstupné údaje	G_{yz} =	1083,33	kPa	Vstupné údaje	G_{yz} =	673,33	kPa
		σ_{yz} =	16,25	kPa		σ_{yz} =	10,10	kPa
	Meranie	u_z =	3,00	mm	Meranie	u_z =	3,00	mm
	Simulácia	$u_{z,s}$ =	2,50	mm	Simulácia	$u_{z,s}$ =	2,40	mm
B - 1								
	Vstupné údaje	G_{yz} =	626,67	kPa	Vstupné údaje	G_{yz} =	1160,00	kPa
		σ_{yz} =	9,40	kPa		σ_{yz} =	17,40	kPa
	Meranie	u_z =	3,00	mm	Meranie	u_z =	3,00	mm
	Simulácia	$u_{z,s}$ =	2,60	mm	Simulácia	$u_{z,s}$ =	4,10	mm
B - 2								
	Vstupné údaje	G_{yz} =	823,33	kPa	Vstupné údaje	G_{yz} =	1233,33	kPa
		σ_{yz} =	12,35	kPa		σ_{yz} =	18,50	kPa
	Meranie	u_z =	3,00	mm	Meranie	u_z =	3,00	mm
	Simulácia	$u_{z,s}$ =	2,90	mm	Simulácia	$u_{z,s}$ =	4,10	mm

	SMER A-B ↕				SMER C-D ↔			
Vzorka C - 1								
Vstupné údaje	G_{yz} =	1083,33	kPa		Vstupné údaje	G_{yz} =	926,67	kPa
	σ_{yz} =	16,25	kPa			σ_{yz} =	13,90	kPa
Meranie	u_z =	3,00	mm		Meranie	u_z =	3,00	mm
Simulácia	$u_{z,s}$ =	2,80	mm		Simulácia	$u_{z,s}$ =	4,40	mm
Vzorka C - 2								
Vstupné údaje	G_{yz} =	600,00	kPa		Vstupné údaje	G_{yz} =	826,67	kPa
	σ_{yz} =	9,00	kPa			σ_{yz} =	12,40	kPa
Meranie	u_z =	3,00	mm		Meranie	u_z =	3,00	mm
Simulácia	$u_{z,s}$ =	3,60	mm		Simulácia	$u_{z,s}$ =	4,80	mm

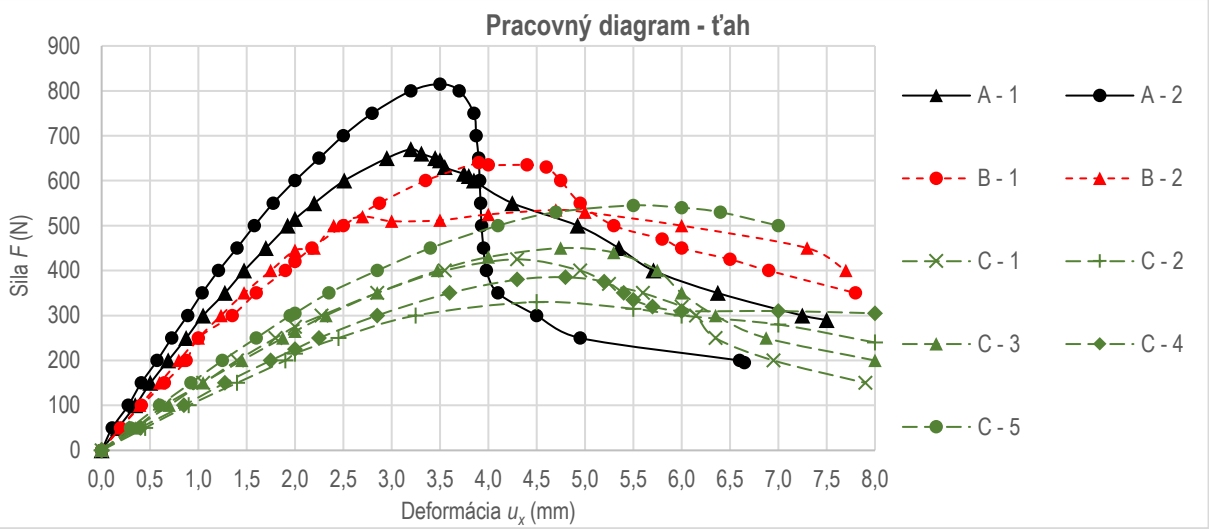
Priemerná výpočtová deformácia spôsobená šmykovým namáhaním vzoriek	$u_{z,s}$ =	**3,45**	**mm**
Priemerná výpočtová deformácia $u_z \geq 3$ mm spôsobená šmykovým namáhaním vzoriek	$u_{z,s \geq 3mm}$ =	**4,25**	**mm**
Priemerná výpočtová deformácia $u_z < 3$ mm spôsobená šmykovým namáhaním vzoriek	$u_{z,s < 3mm}$ =	**2,65**	**mm**

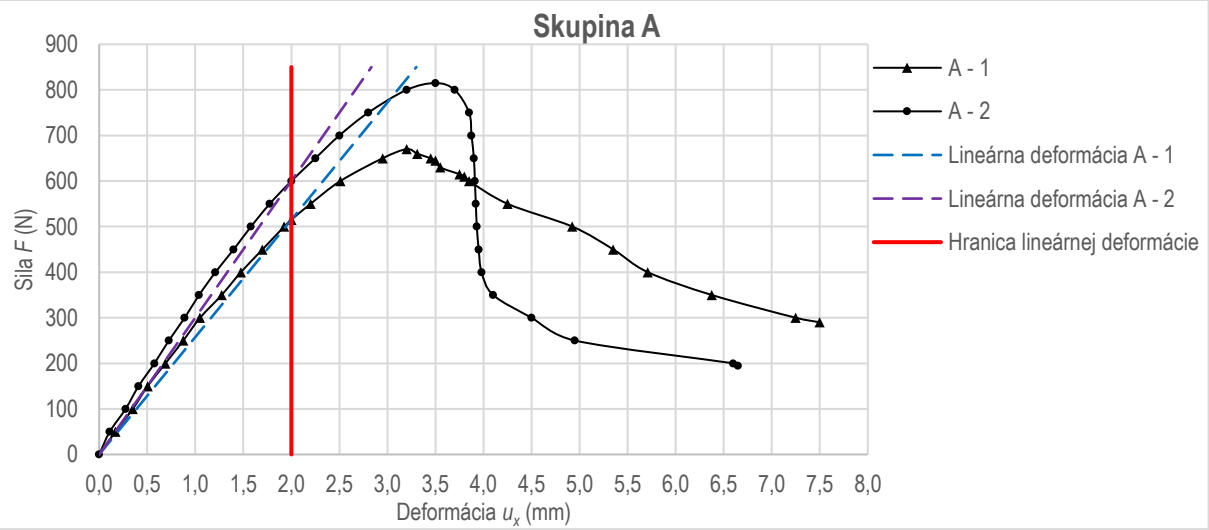
Príloha 7

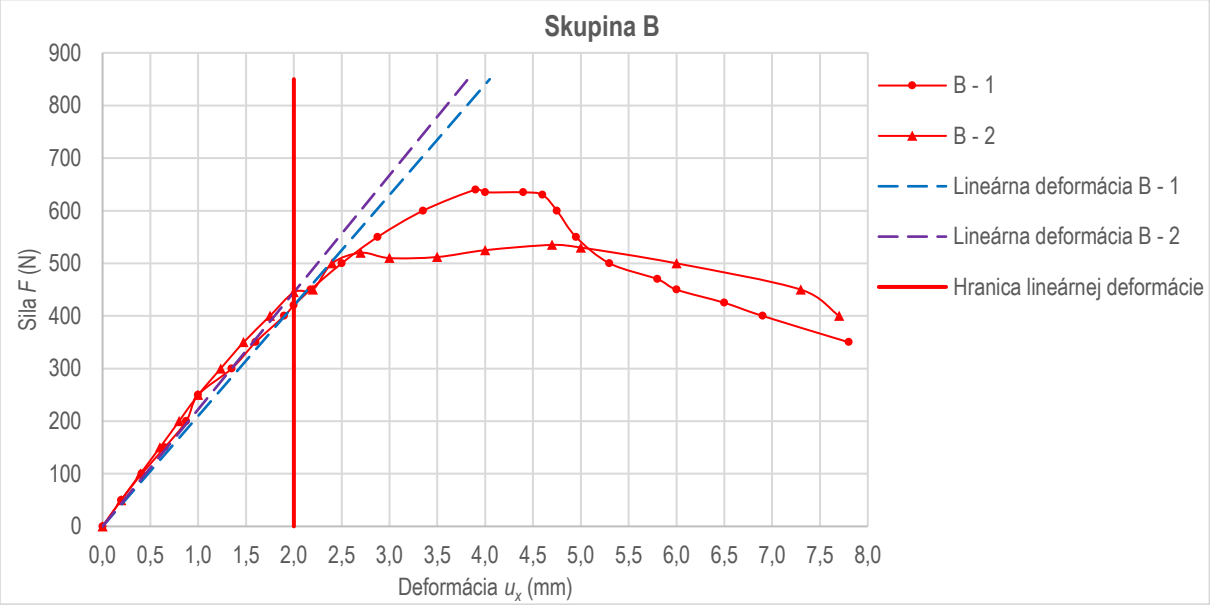
- **Určenie modulov pružnosti, medzných síl a elastických zón deformácií meraných vzoriek[4]:**
  - Namáhanie ťahom
  - Namáhanie tlakom
  - Namáhanie šmykom – smer *A-B* ↔
  - Namáhanie šmykom – smer *C-D* ↕

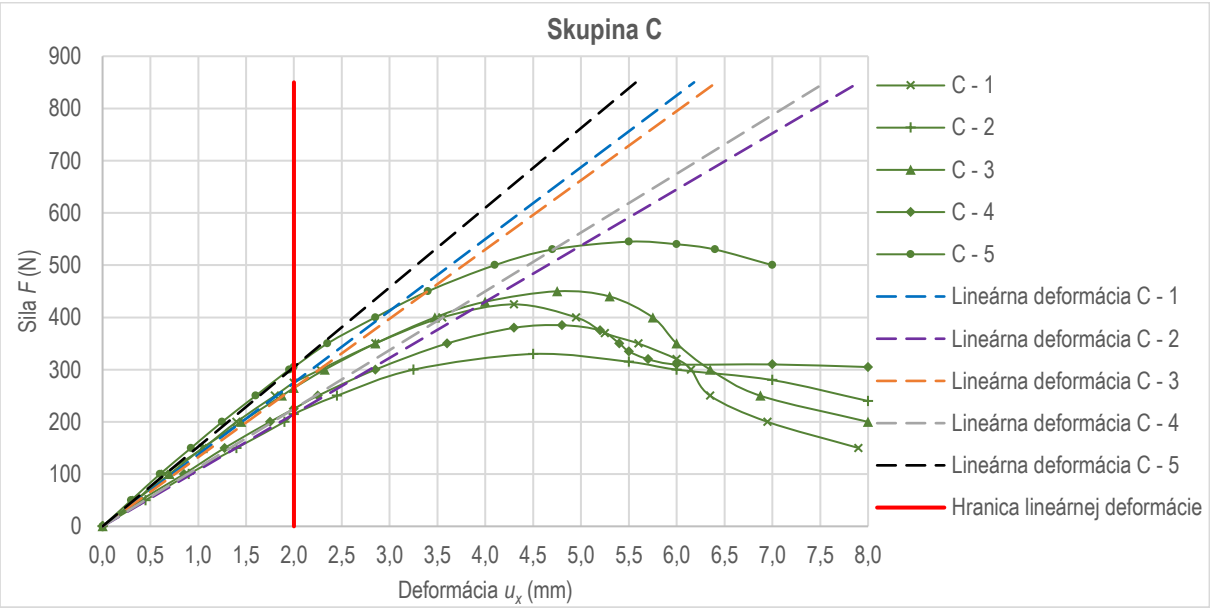
[4] Merania pevnostných charakteristík boli uskutočnene v certifikovanom laboratóriu - Technický a zkušební ústav Praha, s. p. pobočka Brno. Protokoly meraní sú externou súčasťou tohto posudku a tento posudok na výsledky meraní priamo nadväzuje

Základné vlastnosti vzoriek					
Označenie vzorky	Objemová hmotnosť	Priemerná objemová hmotnosť	Rozmery vzorky		
			šírka	dĺžka	hrúbka
	ρ kg/m^3	ρ kg/m^3	a mm	b mm	d mm
A - 1	98,6	98,4	200	200	200
A - 2	98,1		200	200	200
B - 1	95,0	96,0	200	200	200
B - 2	97,0		200	200	200
C - 1	82,0	80,8	200	200	200
C - 2	81,9		200	200	200
C - 3	79,4		200	200	200
C - 4	79,9		200	200	200
C - 5	80,6		200	200	200



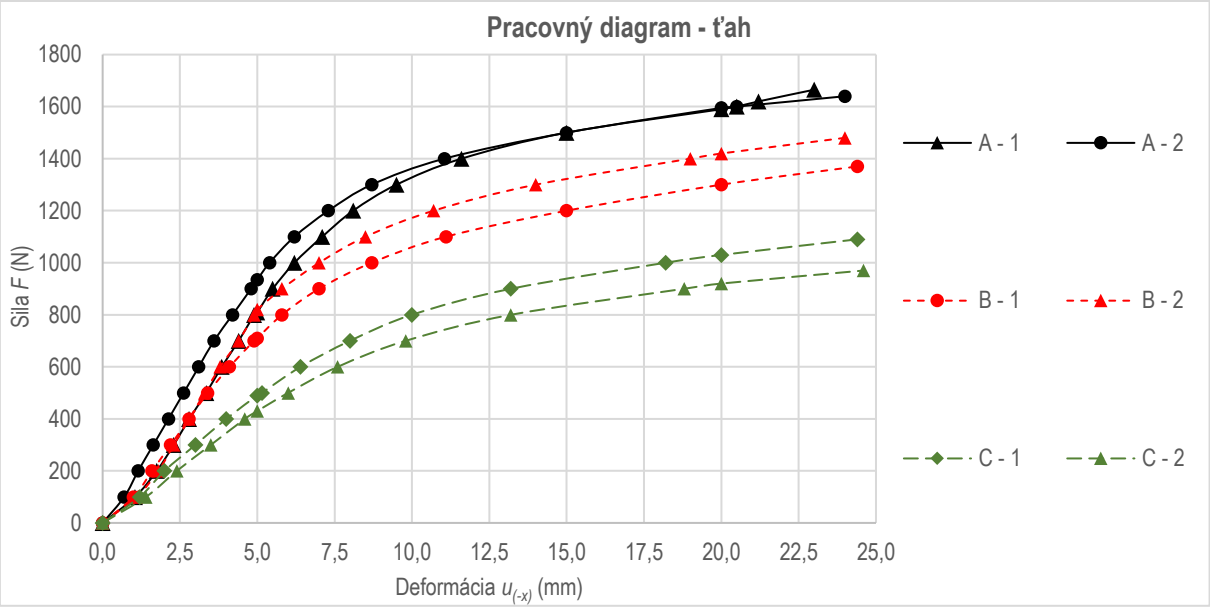


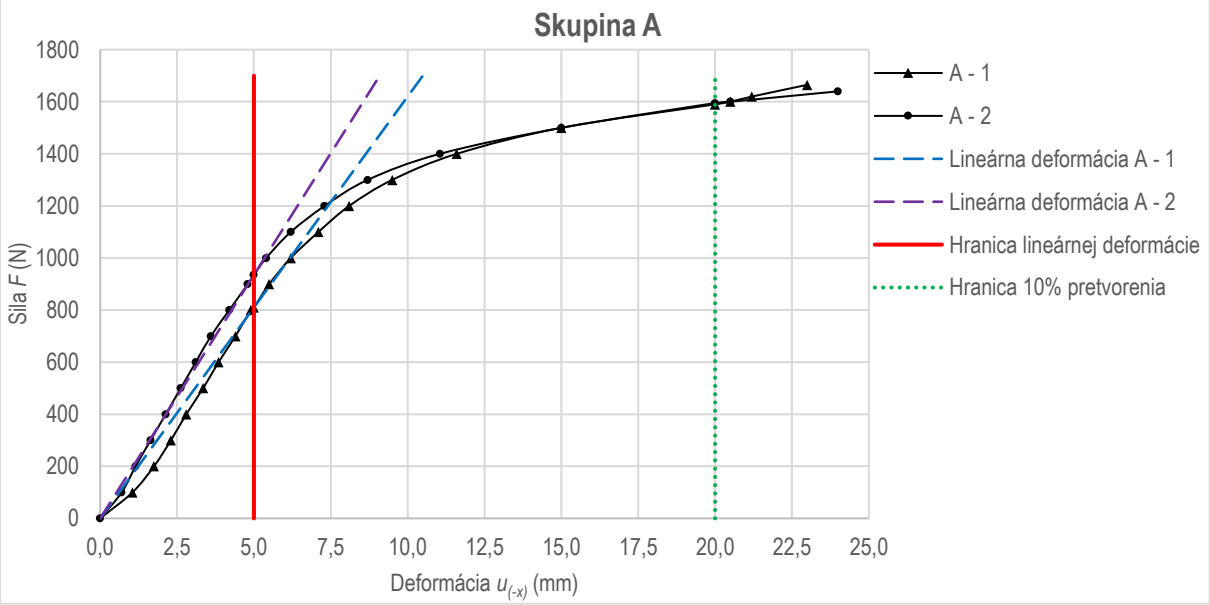


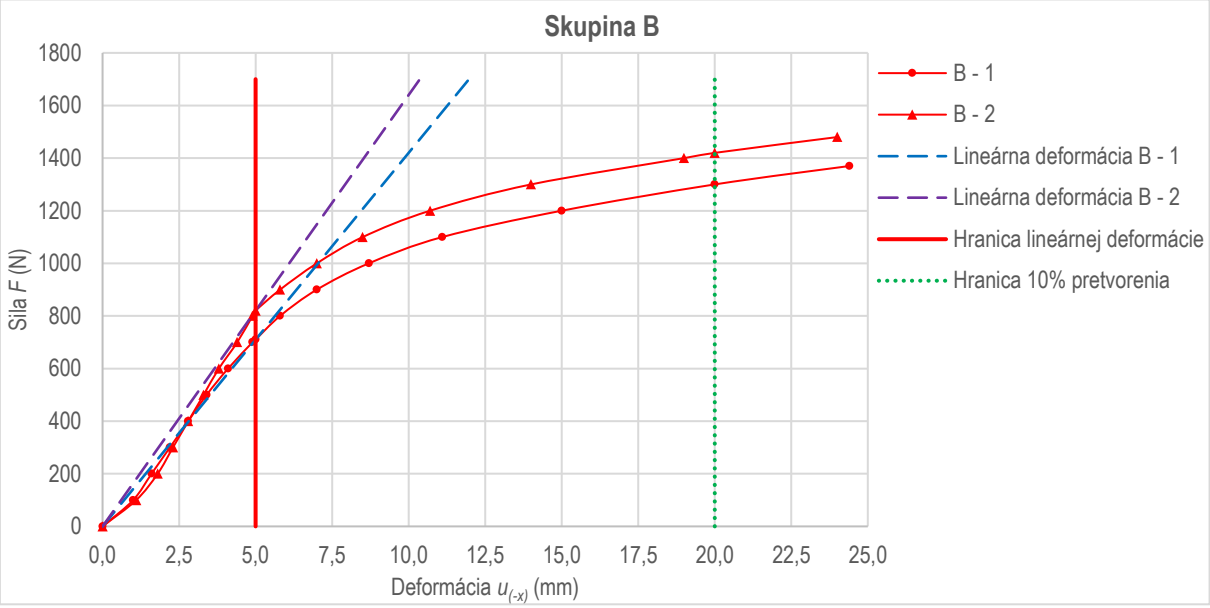


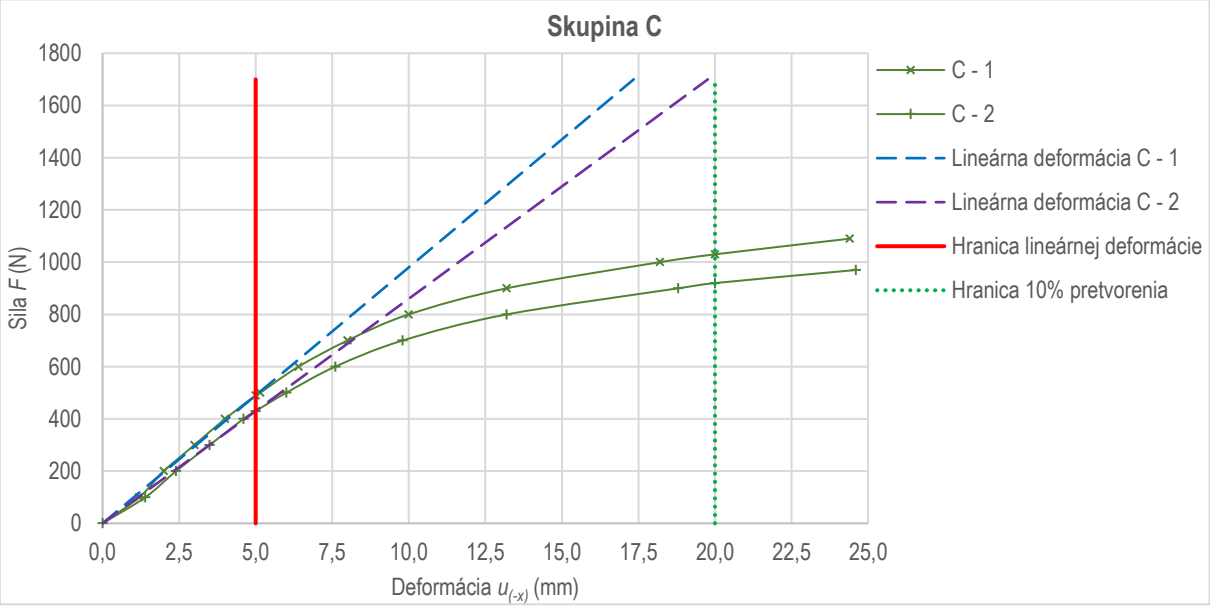
Označenie vzorky	Modul pružnosti v ťahu					Medzné napätie porušenia		
	Medzná sila lin. deformácie	Medzné napätie lin. deformácie	Veľkosť deformácie (1% z *d*)	Modul pružnosti v ťahu	Priemerné hodnoty E_x	Medzná sila porušenia	Medzné napätie porušenia	Priemerné hodnoty *TR*
	F_e N	σ_e kPa	u_x mm	E_x kPa	E_x kPa	F_t N	*TR* kPa	*TR* kPa
A - 1	515	12,88	2,00	1287,5	1394	670	16,75	18
A - 2	600	15,00	2,00	1500,0		815	20,38	
B - 1	420	10,50	2,00	1050,0	1081	640	16,00	14
B - 2	445	11,13	2,00	1112,5		520	13,00	
C - 1	275	6,88	2,00	687,5	643	425	10,63	10
C - 2	215	5,38	2,00	537,5		330	8,25	
C - 3	265	6,63	2,00	662,5		450	11,25	
C - 4	225	5,63	2,00	562,5		385	9,63	
C - 5	305	7,63	2,00	762,5		545	13,63	

Základné vlastnosti vzoriek					
Označenie vzorky	Objemová hmotnosť	Priemerná objemová hmotnosť	Rozmery vzorky		
			šírka	dĺžka	hrúbka
	ρ kg/m^3	ρ kg/m^3	a mm	b mm	d mm
A - 1	98,6	98,4	200	200	200
A - 2	98,1		200	200	200
B - 1	95,0	96,0	200	200	200
B - 2	97,0		200	200	200
C - 1	82,0	80,8	200	200	200
C - 2	81,9		200	200	200





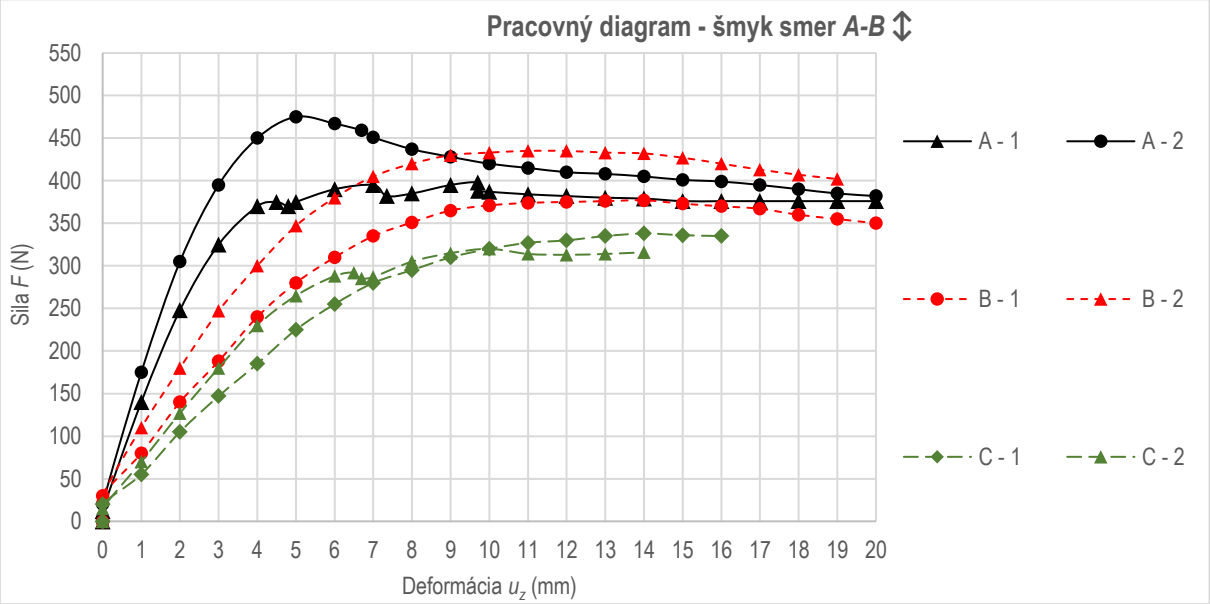


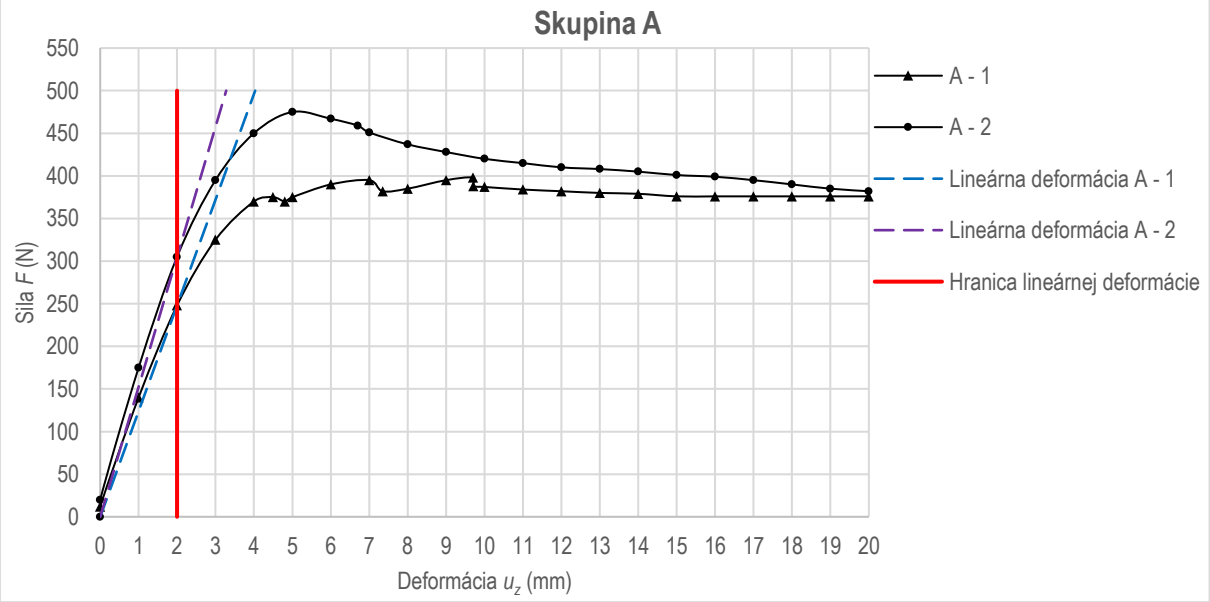


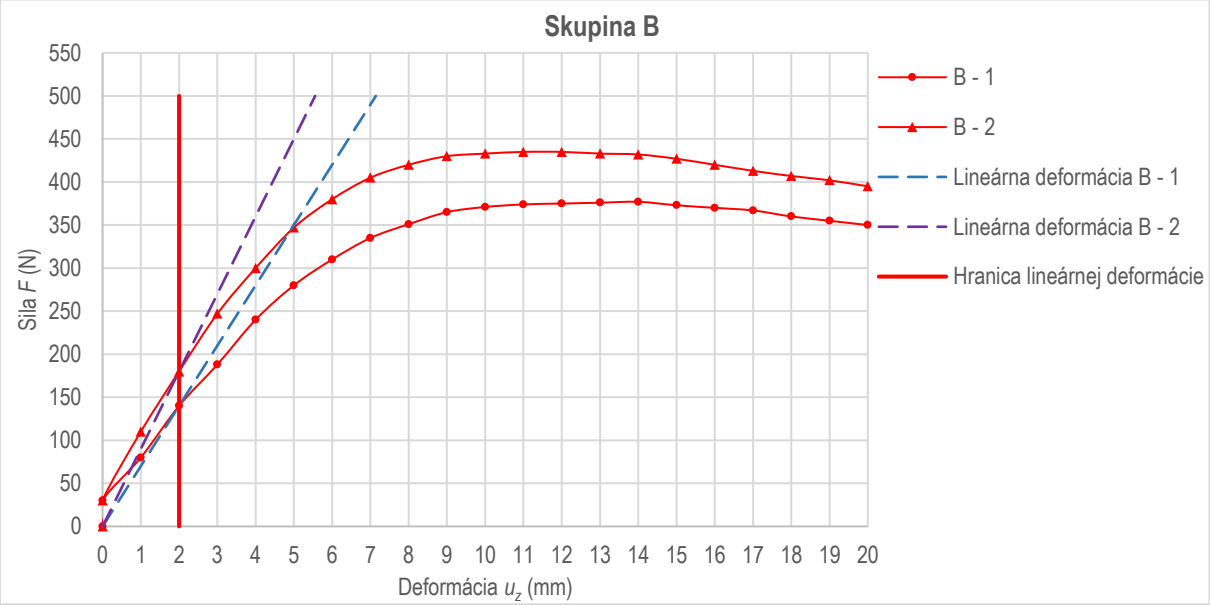
Označenie vzorky	Modul pružnosti v tlaku					Napätie v tlaku pri 10 % stlačení		
	Medzná sila lin. deformácie	Medzné napätie lin. deformácie	Veľkosť deformácie (2,5% z *d*)	Modul pružnosti v tlaku	Priemerné hodnoty $E_{(-x)}$	Sila pri 10 % stlačení	Napätie pri 10 % stlačení	Priemerné hodnoty *CS(10)*
	F_e	σ_e	$u_{(-x)}$	$E_{(-x)}$	$E_{(-x)}$	$F_{10\%}$	*CS(10)*	*CS(10)*
	N	kPa	mm	kPa	kPa	N	kPa	kPa
A - 1	810	20,25	5,00	810,0	873	1590	39,75	40
A - 2	935	23,38	5,00	935,0		1595	39,88	
B - 1	710	17,75	5,00	710,0	765	1300	32,50	34
B - 2	820	20,50	5,00	820,0		1420	35,50	
C - 1	490	12,25	5,00	490,0	460	1030	25,75	24
C - 2	430	10,75	5,00	430,0		920	23,00	

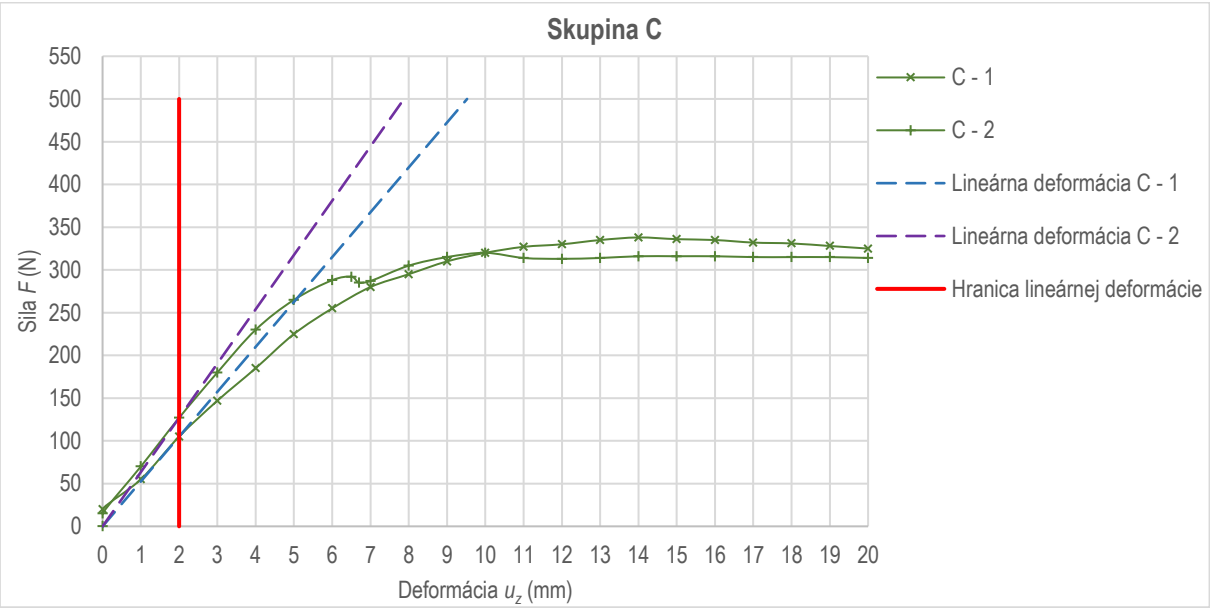
❑ Namáhanie šmykom – smer *A-B* ↔

Základné vlastnosti vzoriek smer A-B ↔					
Označenie vzorky	Objemová hmotnosť	Priemerná objemová hmotnosť	Rozmery vzorky		
			šírka	dĺžka	hrúbka
	ρ kg/m^3	ρ kg/m^3	a mm	b mm	d mm
A - 1	98,6	98,4	100	200	200
A - 2	98,1		100	200	200
B - 1	95,0	96,0	100	200	200
B - 2	97,0		100	200	200
C - 1	82,0	82,0	100	200	200
C - 2	81,9		100	200	200





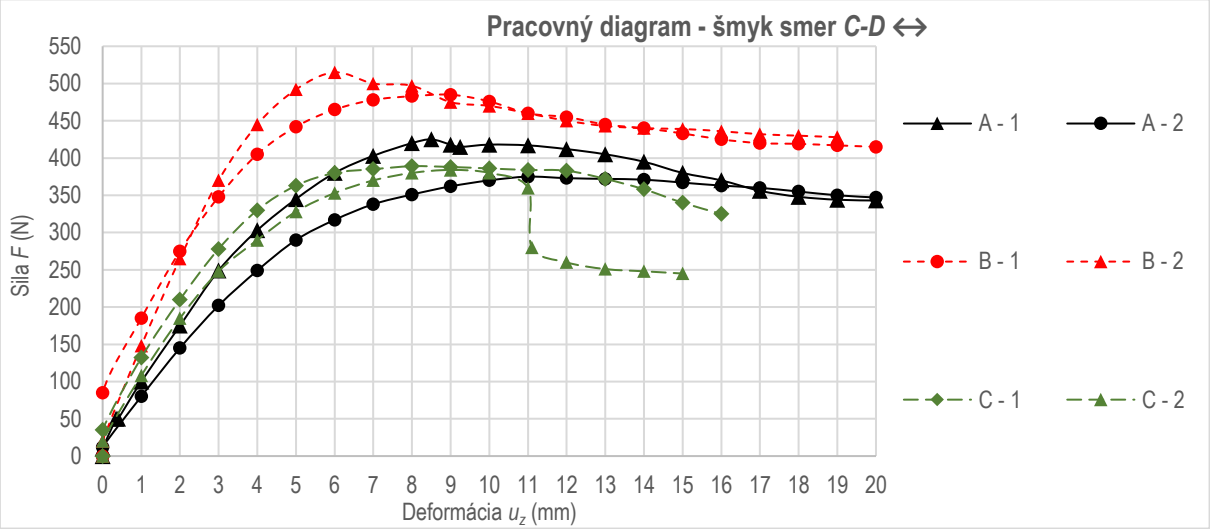


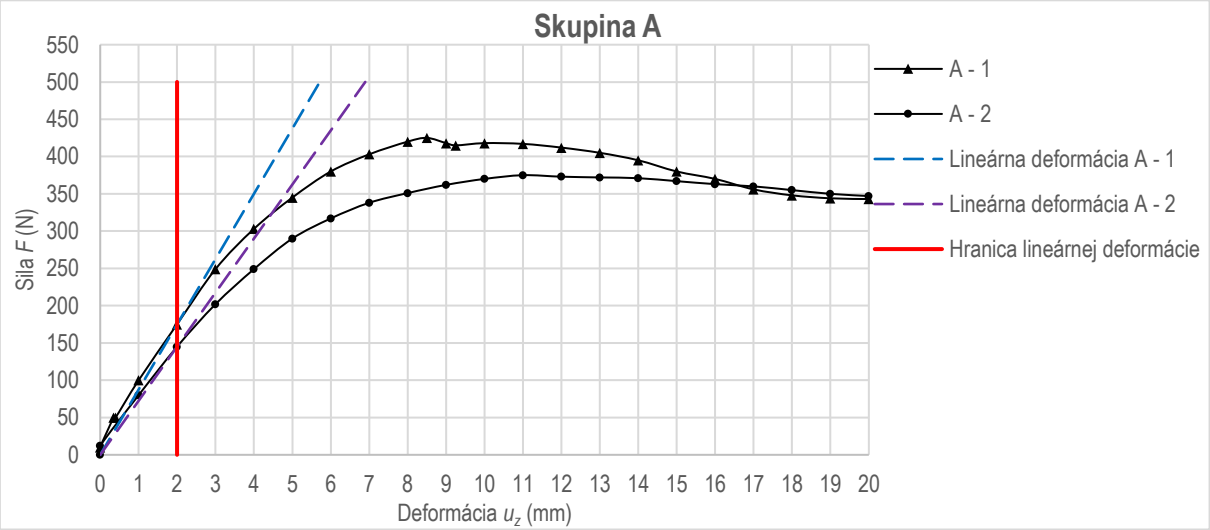


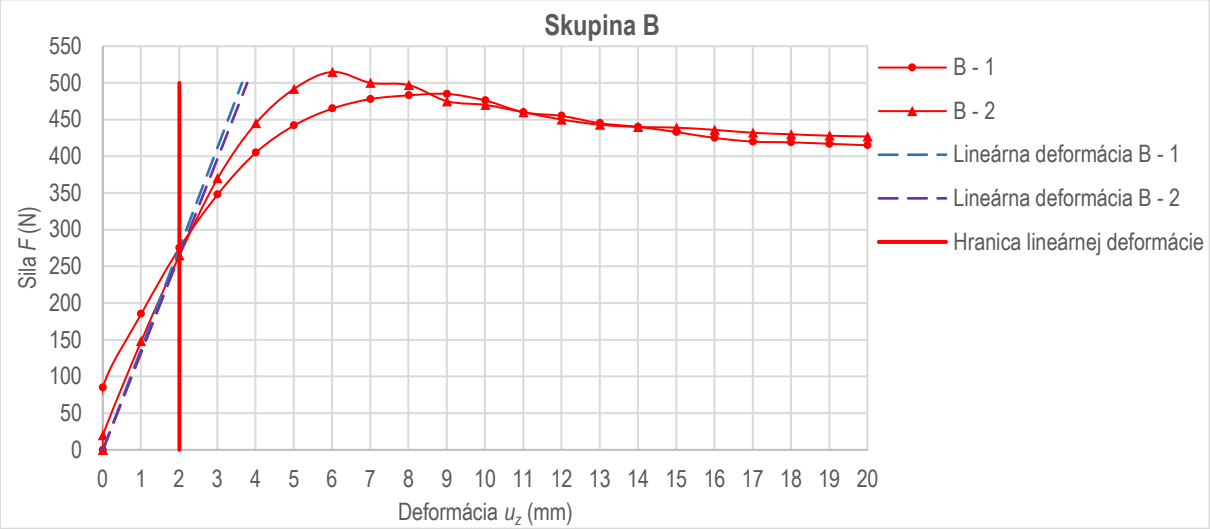
Označenie vzorky	Modul pružnosti v šmyku					Medzné napätie porušenia		
	Medzná sila lin. deformácie	Medzné napätie lin. deformácie	Veľkosť deformácie	Modul pružnosti v šmyku	Priemerné hodnoty $G_{yz,z}$	Medzná sila porušenia	Medzné napätie porušenia	Priemerné hodnoty *SS*
	F_e	σ_e	u_z	$G_{yz,z}$	$G_{yz,z}$	F_t	*SS*	*SS*
	N	kPa	mm	kPa	kPa	N	kPa	kPa
A - 1	248	6,20	2,00	620,0	600	398	9,95	11
A - 2	305	7,63	2,00	762,5		475	11,88	
B - 1	140	3,50	2,00	350,0	363	377	9,43	10
B - 2	180	4,50	2,00	450,0		435	10,88	
C - 1	105	2,63	2,00	262,5	273	338	8,45	8
C - 2	127	3,18	2,00	317,5		320	8,00	

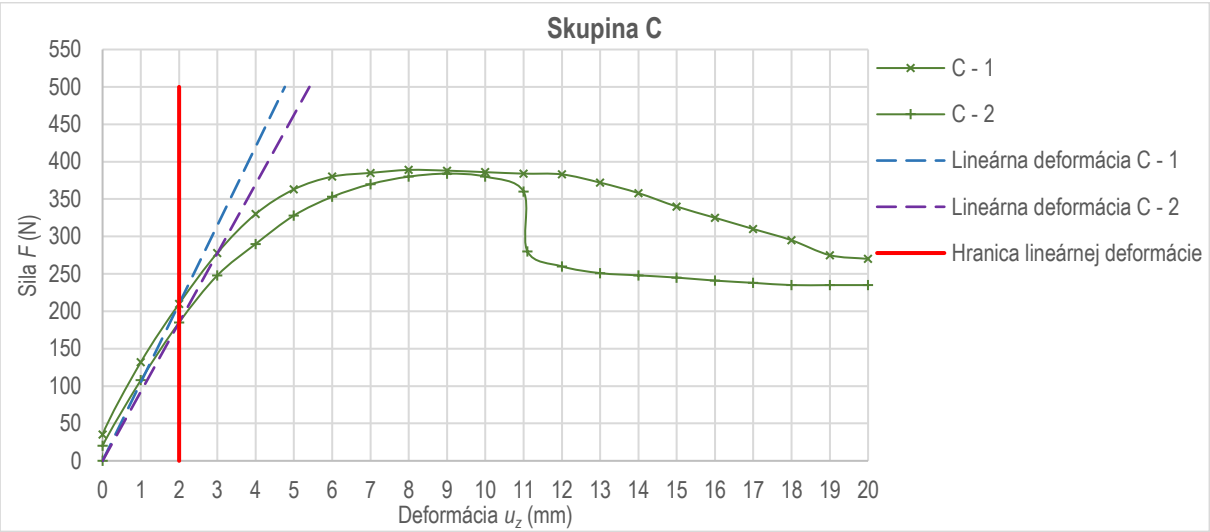
❑ Namáhanie šmykom – smer *C-D* ↕

Základné vlastnosti vzoriek smer C-D ↕					
Označenie vzorky	Objemová hmotnosť	Priemerná objemová hmotnosť	Rozmery vzorky		
			šírka	dĺžka	hrúbka
	ρ	ρ	*a*	*b*	*d*
	kg/m^3	kg/m^3	mm	mm	mm
A - 1	98,6	98,4	100	200	200
A - 2	98,1		100	200	200
B - 1	95,0	96,0	100	200	200
B - 2	97,0		100	200	200
C - 1	82,0	82,0	100	200	200
C - 2	81,9		100	200	200





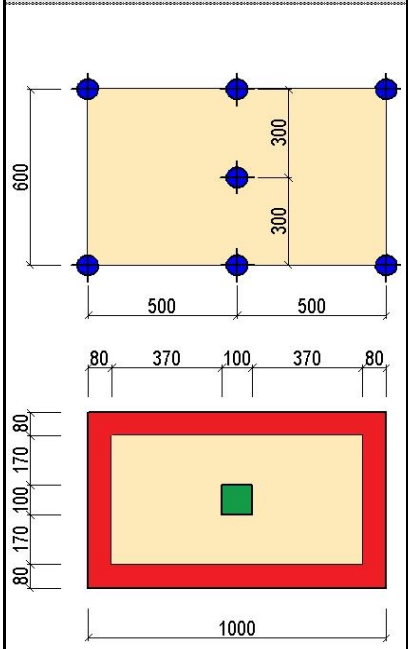
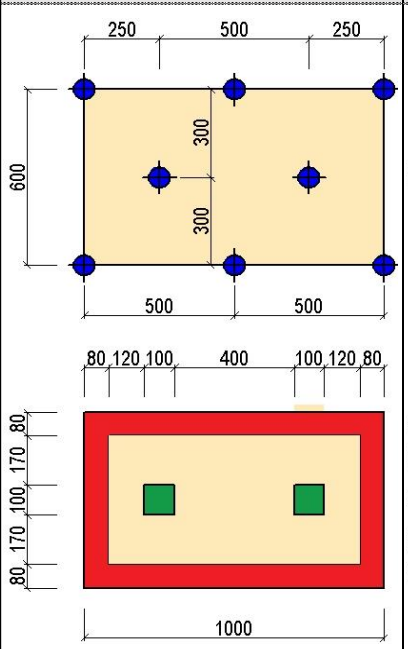
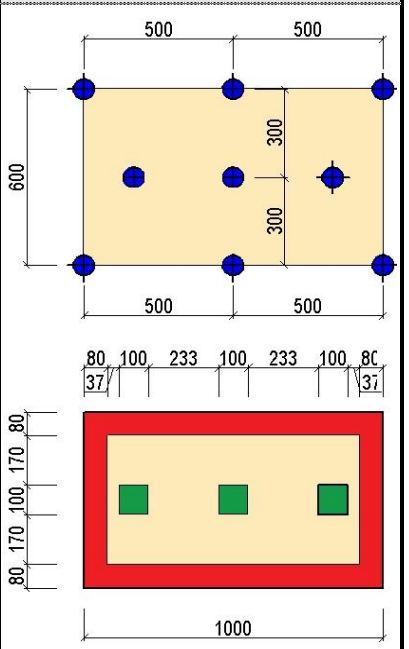
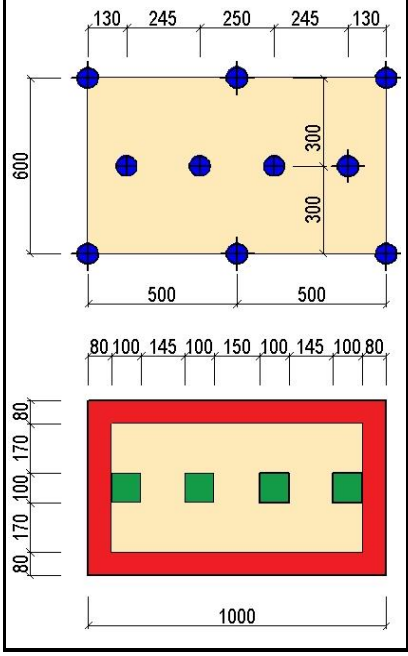
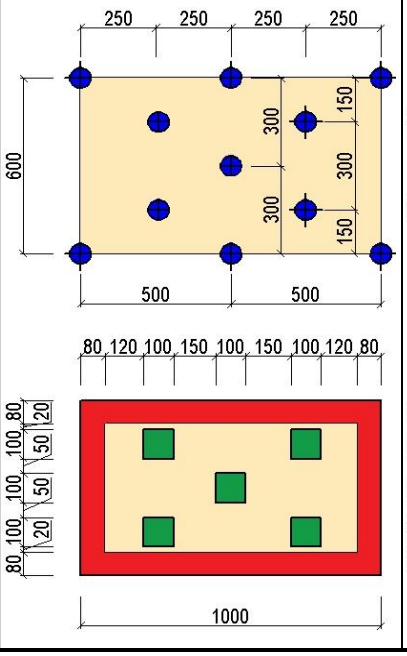
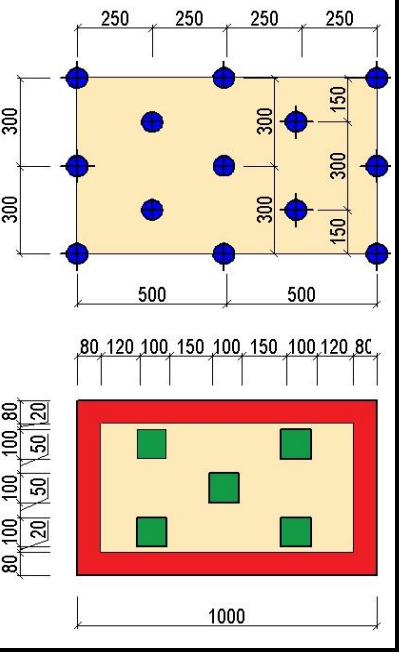




Označenie vzorky	Modul pružnosti v šmyku					Medzné napätie porušenia		
	Medzná sila lin. deformácie	Medzné napätie lin. deformácie	Veľkosť deformácie	Modul pružnosti v šmyku	Priemerné hodnoty $G_{yz,z}$	Medzná sila porušenia	Medzné napätie porušenia	Priemerné hodnoty *SS*
	F_e	σ_e	u_z	$G_{yz,z}$	$G_{yz,z}$	F_t	*SS*	*SS*
	N	kPa	mm	kPa	kPa	N	kPa	kPa
A - 1	175	4,38	2,00	437,5	400	425	10,63	10
A - 2	145	3,63	2,00	362,5		375	9,38	
B - 1	275	6,88	2,00	687,5	675	485	12,13	13
B - 2	265	6,63	2,00	662,5		515	12,88	
C - 1	210	5,25	2,00	525,0	494	389	9,73	10
C - 2	185	4,63	2,00	462,5		384	9,60	

Príloha 8

- **Schéma základných typov mechanického kotvenia systému ETICS s dodatočným lepením:**
  - 5,00 kotiev/m^2
  - 6,67 kotiev/m^2
  - 8,33 kotiev/m^2
  - 10,00 kotiev/m^2
  - 11,67 kotiev/m^2
  - 13,33 kotiev/m^2

Počet kotiev 5 ks/m²	Počet kotiev 6,67 ks/m²	Počet kotiev 8,33 ks/m²
Plocha lepidla 40 %	Plocha lepidla 42 %	Plocha lepidla 43 %
		
Počet kotiev 10 ks/m²	Počet kotiev 11,67 ks/m²	Počet kotiev 13,33 ks/m²
Plocha lepidla 45 %	Plocha lepidla 47 %	Plocha lepidla 47 %
		

Príloha 9

- **Výpočet histogramu**

- Výpočet histogramu pre medznú pevnosť kolmo na rovinu dosky *TR*

- Výpočet histogramu pre medznú pevnosť kolmo na rovinu dosky *TR*

TR	**Objemová hmotnosť ρ (kg/m³)**															
Intervaly rozpätia *TR* (kPa)	**Počet vzoriek *n* (-)**															
	ρ = 75 - 134 kg/m3				ρ = 75 - 85 kg/m3				ρ = 85 - 95 kg/m3				ρ = 95 - 105 kg/m3			
TR_{max} = 40,0 kPa	Početnosť			Kumulatívna početnosť	Početnosť			Kumulatívna početnosť	Početnosť			Kumulatívna početnosť	Početnosť			Kumulatívna početnosť
TR_{mix} = 5,7 kPa	min.	Ø	max.		min.	Ø	max.		min.	Ø	max.		min.	Ø	max.	
Δ = 1,0 kPa	75	105	134		75	80	85		85	90	95		95	100	105	
6 - 7 kPa		3		100		0		100		1		100		2		100
7 - 8 kPa		3		100		0		100		1		100		2		100
8 - 9 kPa		3		100		0		100		2		100		1		100
9 - 10 kPa		21		100		0		100		10		100		11		100
10 - 11 kPa		123		99		6		100		51		99		61		99
11 - 12 kPa		312		96		18		99		99		96		191		96
12 - 13 kPa		358		89		43		96		127		90		184		86
13 - 14 kPa		526		81		83		88		190		83		245		76
14 - 15 kPa		596		68		96		72		241		71		248		64
15 - 16 kPa		559		54		101		55		224		57		228		51
16 - 17 kPa		536		41		79		36		235		44		216		39
17 - 18 kPa		362		28		49		22		185		30		121		28
18 - 19 kPa		294		20		28		13		115		19		141		21
19 - 20 kPa		182		13		14		7		67		12		93		14
20 - 21 kPa		142		8		19		5		64		8		57		9
21 - 22 kPa		87		5		5		1		36		4		42		6
22 - 23 kPa		43		3		0		0		13		2		27		4
23 - 24 kPa		27		2		0		0		8		1		14		2
24 - 25 kPa		15		1		0		0		5		1		9		2
25 - 26 kPa		12		1		0		0		2		1		10		1
26 - 27 kPa		9		1		1		0		3		0		5		1
27 - 28 kPa		4		0		0		0		0		0		3		0
28 - 29 kPa		3		0		0		0		1		0		2		0
29 - 30 kPa		5		0		1		0		3		0		0		0
30 - 31 kPa		2		0		0		0		0		0		2		0
31 - 32 kPa		1		0		0		0		1		0		0		0
32 - 33 kPa		1		0		0		0		0		0		0		0
33 - 34 kPa		0		0		0		0		0		0		0		0
34 - 35 kPa		0		0		0		0		0		0		0		0
35 - 36 kPa		0		0		0		0		0		0		0		0
36 - 37 kPa		0		0		0		0		0		0		0		0
37 - 38 kPa		0		0		0		0		0		0		0		0
38 - 39 kPa		0		0		0		0		0		0		0		0
39 - 40 kPa		0		0		0		0		0		0		0		0
40 - 41 kPa		1		0		0		0		0		0		1		0
Súčet		**4230**				**543**				**1684**				**1916**		

Príloha 10

- **Potvrdenia o maximálnej objemovej hmotnosti**
  - Potvrdenie spoločnosti ISOVER
  - Potvrdenie spoločnosti Knauf Insulation
  - Potvrdenie spoločnosti RockWool

Spoločnosť:	Asociácia výrobcov minerálnych izolácií
Meno:	Lukáš Zelem
Dátum:	12.3.2020

Vec : Potvrdenie o maximálnej objemovej hmotnosti.

Týmto potvrdzujem, že pre výrobky na báze minerálnych vláken vo forme dosiek s pozdĺžnou orientáciou vláken, určené pre použitie v kontaktnom zatepľovacom systéme (ETICS) s povrchovou úpravou omietkou, ktoré sa predávajú pod obchodným názvom : ISOVER TF PROFI, CE kód : MW-EN 13 162-T5-DS(TH)-CS(10)30-TR10-WS-WL(P)-MU1,

nepresiahne maximálna objemová hmotnosť 150 kg/m3. Objemová hmotnosť je stanovená v zmysle ČSN EN 1602.

Potvrdenie slúži ako podklad pre stanovenie maximálnej tiaže pre systém ETICS s povrchovou úpravou omietkou na účely súdnoznaleckého posudku vo veci:

Zmeny fyzikálno-mechanických parametrov pre výrobky z minerálnej izolácie pre systém ETICS v pripravovanej norme STN 72 7221 – 4 (Tepelnoizolačné výrobky pre budovy. Časť 4: Prefabrikované výrobky z minerálnej vlny (MW). Účel použitia.).

V Bratislave, dňa 12.3.2020

.....
Ing. Martin Keszegh,
Produktový manažér

SAINT-GOBAIN
SAINT-GOBAIN SLOVENSKO
DIVÍZIA ISOVER, SAINT-GOBAIN CONSTRUCTION PRODUCTS, S.R.O.
Stará Vajnorská 139 • 831 04 • Bratislava • Slovensko • +421 2 44 45 11 03 • www.isover.sk
IČO 31 389 139 • IČ DPH SK2020339761

KNAUFINSULATION

Potvrdenie o maximálnej objemovej hmotnosti

Týmto potvrdzujem

za spoločnosť: Knauf Insulation s.r.o.
Železničný rad 24
968 01 Nová Baňa
Slovensko

pre výrobky na báze minerálnych vláken vo forme dosiek s pozdĺžnou orientáciou vláken, určených pre použitie v kontaktnom zatepľovacom systéme (ETICS) s povrchovou úpravou omietkou, **maximálna objemová hmotnosť nepresiahne 150 kg/m^3**.

Potvrdenie slúži ako podklad pre stanovenie maximálnej tiaže pre systém ETICS s povrchovou úpravou omietkou na účely súdnoznaleckého posudku vo veci:

Zmeny fyzikálno-mechanických parametrov pre výrobky z minerálnej izolácie pre systém ETICS v pripravovanej norme STN 72 7221 – 4 (Tepelnoizolačné výrobky pre budovy. Časť 4: Prefabrikované výrobky z minerálnej vlny (MW). Účel použitia.).

V Bratislave, dňa 12.3.2020

KNAUFINSULATION s.r.o.
Železničný rad 24, 968 14 Nová Baňa
IČO: 31528109 IČ DPH: SK2020478787
Tel.: +421 45 69 33 111

.....

Jozef, CIGÁŇ, Ing.
Proces a kvality inžinier
Knauf Insulation s.r.o.,

Potvrdenie o maximálnej objemovej hmotnosti

Týmto potvrdzujem za spoločnosť

ROCKWOOL Slovensko s.r.o.
Cesta na Senec 2/A
821 04 Bratislava
Krajina: Slovensko

pre výrobky na báze minerálnych vláken vo forme dosiek s pozdĺžnou orientáciou vláken, určených pre použitie v kontaktnom zatepľovacom systéme (ETICS) s povrchovou úpravou omietkou, maximálnu objemovú hmotnosť, ktorá nepresiahne 150 kg/m^3.

Potvrdenie slúži ako podklad pre stanovenie maximálnej tiaže pre systém ETICS s povrchovou úpravou omietkou na účely súdnoznaleckého posudku vo veci:

Zmeny fyzikálno-mechanických parametrov pre výrobky z minerálnej izolácie pre systém ETICS v pripravovanej norme STN 72 7221 – 4 (Tepelnoizolačné výrobky pre budovy. Časť 4: Prefabrikované výrobky z minerálnej vlny (MW). Účel použitia.).

V Bratislave, dňa 12. 3. 2020

ROCKWOOL POLSKA Sp. z o.o.
66-131 Cigacice, ul. Kwiatowa 14
Tel. 927-000-52-36
Dział Zarządzania Produktowego
Product Management Department
tel. +48 95 3330152 (156)

.....

Mateusz Przybylski

Manager Produktu / Product Manager

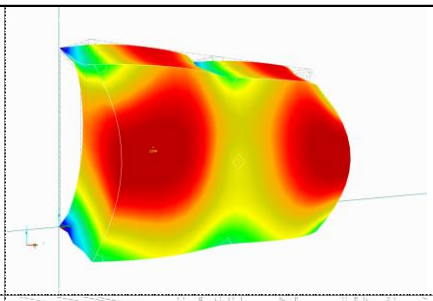
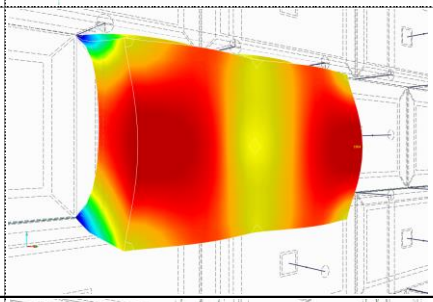
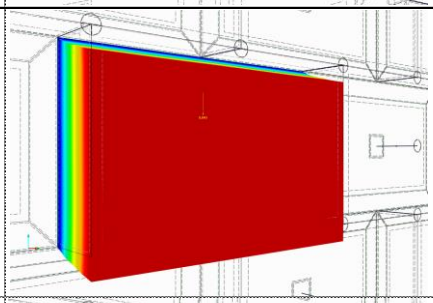
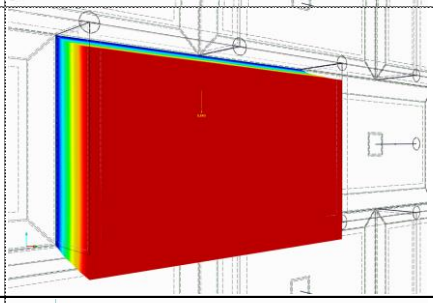
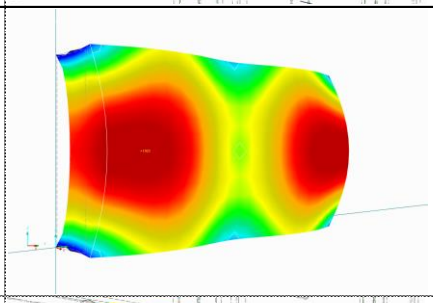
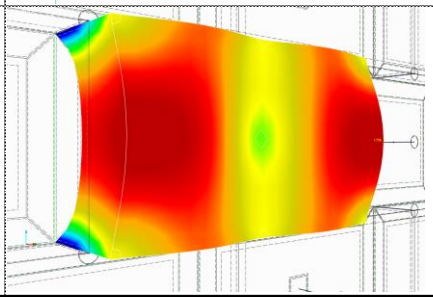
ROCKWOOL Polska Sp. z o.o.

STAVEBNÉ IZOLÁCIE

ROCKWOOL Slovensko s.r.o., Cesta na Senec 2/A, 821 04 Bratislava, Slovensko
E Info-sk@rockwool.com

Príloha 11

- **Výsledky deformácií zaťažovacích stavov**

Mechanicky kotvený systém (5 ks/m^2) s dodatočným lepením (40 % plochy fasádnej dosky)						
		Globálna deformácia - vizualizácia		Deformácia		Maximálna deformácia
ZS1 - Vlastná tiaž ETICS + sanie vetra (výška 50 m)	*Fragment*		2.098 1.907 1.716 1.526 1.335 1.144 0.953 0.763 0.572 0.381 0.191 0.000	u = 2,098 mm u_x = 1,923 mm u_y = 0,324 mm u_z = 0,899 mm	>/ 	u_{max} = 2,000 mm $u_{x,max}$ = 2,000 mm $u_{y,max}$ = 0,417 mm $u_{z,max}$ = 1,000 mm
	Fasáda		1.904 1.731 1.557 1.384 1.211 1.038 0.865 0.692 0.519 0.346 0.173 0.000	u = 1,904 mm u_x = 1,795 mm u_y = 0,211 mm u_z = 0,634 mm	< 	u_{max} = 2,000 mm $u_{x,max}$ = 2,000 mm $u_{y,max}$ = 0,417 mm $u_{z,max}$ = 1,000 mm
ZS2 - Vlastná tiaž ETICS	*Fragment*		0.640 0.581 0.523 0.465 0.407 0.349 0.291 0.233 0.174 0.116 0.058 0.000	u = 0,894 mm u_x = 0,152 mm u_y = 0,001 mm u_z = 0,889 mm	< 	u_{max} = 2,000 mm $u_{x,max}$ = 2,000 mm $u_{y,max}$ = 0,417 mm $u_{z,max}$ = 1,000 mm
	Fasáda		0.640 0.581 0.523 0.465 0.407 0.349 0.291 0.233 0.174 0.116 0.058 0.000	u = 0,640 mm u_x = 0,112 mm u_y = 0,002 mm u_z = 0,639 mm	< 	u_{max} = 2,000 mm $u_{x,max}$ = 2,000 mm $u_{y,max}$ = 0,417 mm $u_{z,max}$ = 1,000 mm
ZS3 - Sanie vetra (výška 50 m)	*Fragment*		1.923 1.749 1.574 1.399 1.224 1.049 0.874 0.699 0.525 0.350 0.175 0.000	u = 1,923 mm u_x = 1,923 mm u_y = 0,242 mm u_z = 0,254 mm	< 	u_{max} = 2,000 mm $u_{x,max}$ = 2,000 mm $u_{y,max}$ = 0,417 mm $u_{z,max}$ = 1,000 mm
	Fasáda		1.796 1.632 1.469 1.306 1.143 0.979 0.816 0.653 0.490 0.326 0.163 0.000	u = 1,790 mm u_x = 1,796 mm u_y = 0,211 mm u_z = 0,247 mm	< 	u_{max} = 2,000 mm $u_{x,max}$ = 2,000 mm $u_{y,max}$ = 0,417 mm $u_{z,max}$ = 1,000 mm

V. ZNALECKÁ DOLOŽKA

Znalecký úkon bol vypracovaný znaleckým ústavom zapísaným v zozname znalcov, tlmočníkov a prekladateľov, ktorý vedie Ministerstvo spravodlivosti Slovenskej republiky pre odbor Stavebníctvo, Ekonomika s riadenie podnikov a Elektrotechnika, pod evidenčným číslom 900015.

Znalecký úkon (znalecký posudok) je v denníku zapísaný pod číslom 35/2020.

Znalecký ústav si je vedomý následkov vedome nepravdivého znaleckého úkonu.

prof. Ing. Stanislav Unčík, PhD.
rektorom poverený štatutárny zástupca
znaleckého ústavu v odbore Stavebníctvo
dekan Stavebnej fakulty STU v
Bratislave