

Sendvičové panely – smykový test výplňového materiálu čtyřbodovým ohybem

Protokol o zkoušce

Výrobce a dodavatel: ISMAT solution, s.r.o.

Dolení 184,
411 85 Horní Beřkovice
Obchodní rejstřík vedený u Krajského soudu v Ústí nad Labem,
oddíl C, vložka 34709
Jednatel: Ing. Milan Štella

Zhotovitel: Vysoké učení technické v Brně

Fakulta stavební (FAST VUT)
*je součástí veřejné vysoké školy, která vznikla ze zákona
(zákon č. 111/98 Sb.) a nezapisuje se do obchodního rejstříku*
Veveří 331 / 95, 602 00 Brno
IČO 00216305, DIČ CZ00216305
Bankovní spojení: Komerční banka
Číslo účtu: 10006-98330621/0100
Odpovědný řešitel: doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.

Ve spolupráci s: Technický a zkušební ústav stavební Praha, s.p. (TZÚS)

Prosecká 811/76a, 190 00 Praha 9 – Prosek
Zapsáno v obchodním rejstříku vedeného Městským soudem v Praze,
oddíl A LX, vložka 711
IČ : 00015679 DIČ: CZ00015679
Odpovědný zástupce objednatele:
Ing. Miroslav Procházka, ředitel pobočky Brno (TZÚS – 06)
Zástupce ve věcech technických: Ing. Pavel Juránek, Ph.D.

Datum provádění testů: 28. 4. 2016

Datum vydání zprávy: 11. 7. 2016

Odpovědný řešitel:
Spoluřešitelé zakázky:

doc. Ing. Pavel Schmid, Ph.D.
Ing. Petr Daněk, Ph.D.
Ing. Iva Rozsypalová
Ing. Josef Holomek

Odborný dohled testů TZÚS: Ing. Pavel Juránek, Ph.D.

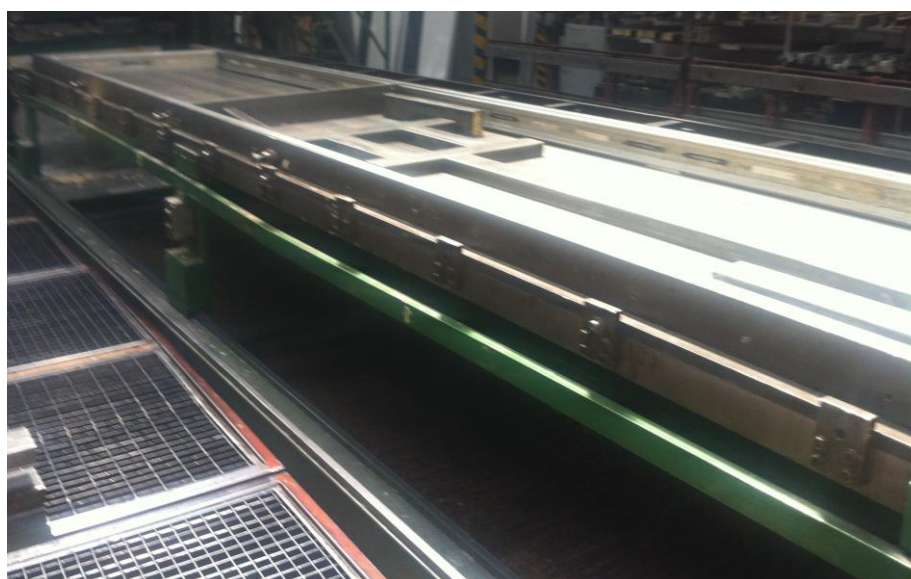
Základní údaje

Testované vzorky

Testovaný sendvičový panel se skládá ze sádrovláknité desky fermacell, vnější desky fermacell Powerpanel H₂O, oba typy s materiálovými charakteristikami dle katalogu výrobce k červnu 2016 (fermacell, Požární a akustický katalog, Konstrukce stěn, stropů a podlah; vybrané charakteristiky jsou v Tab. 1), a polyuretanové pěny. Polyuretanová pěna vyrobená reakcí izokyanátů, polyolů, aminů a vody. Testované vzorky byly vyrobeny pomocí tlakového lití, neboli vypěňování do forem. Tento způsob se uplatňuje především při sériové výrobě izolačních prvků, u kterých se požaduje přesný rozměr a vysoká kvalita povrchu spolu s dobrými mechanickými vlastnostmi (Obr. 1). K výrobě bylo použito nadouvadlo na bázi CO₂. Do uzavřené formy bylo nadávkováno přesně stanovené množství systému PUR. Celková doba vypěnění a vyzrání PUR pěny ve formě byla určena reaktivitou použitého systému. Použitá pěna splňuje materiálové charakteristiky dle protokolu o zkoušce č. A 020-032739 vydaného dne 26. 5. 2015 v Českých Budějovicích Technickým a zkušebním ústavem stavebním Praha, s.p.

Materiálová charakteristika (charakteristická hodnota)	Jednotky	Fermacell (pro tloušťku 10 mm)	Fermacell Powerpanel H ₂ O (pro tloušťku 15 mm)
Modul pružnosti v ohybu $E_{m, mean}$	MPa	3800	5500
Modul pružnosti v tlaku $E_{c, mean}$	MPa	3800	6500
Pevnost v ohybu $f_{m,k}$	MPa	4,3	6,0
Pevnost v tahu $f_{t,k}$	MPa	2,5	0,2
Pevnost v tlaku $f_{t,k}$	MPa	8,5	11,7

Tab. 1 Vybrané materiálové charakteristiky sádrovláknité desky fermacell a desky fermacell Powerpanel H₂O.



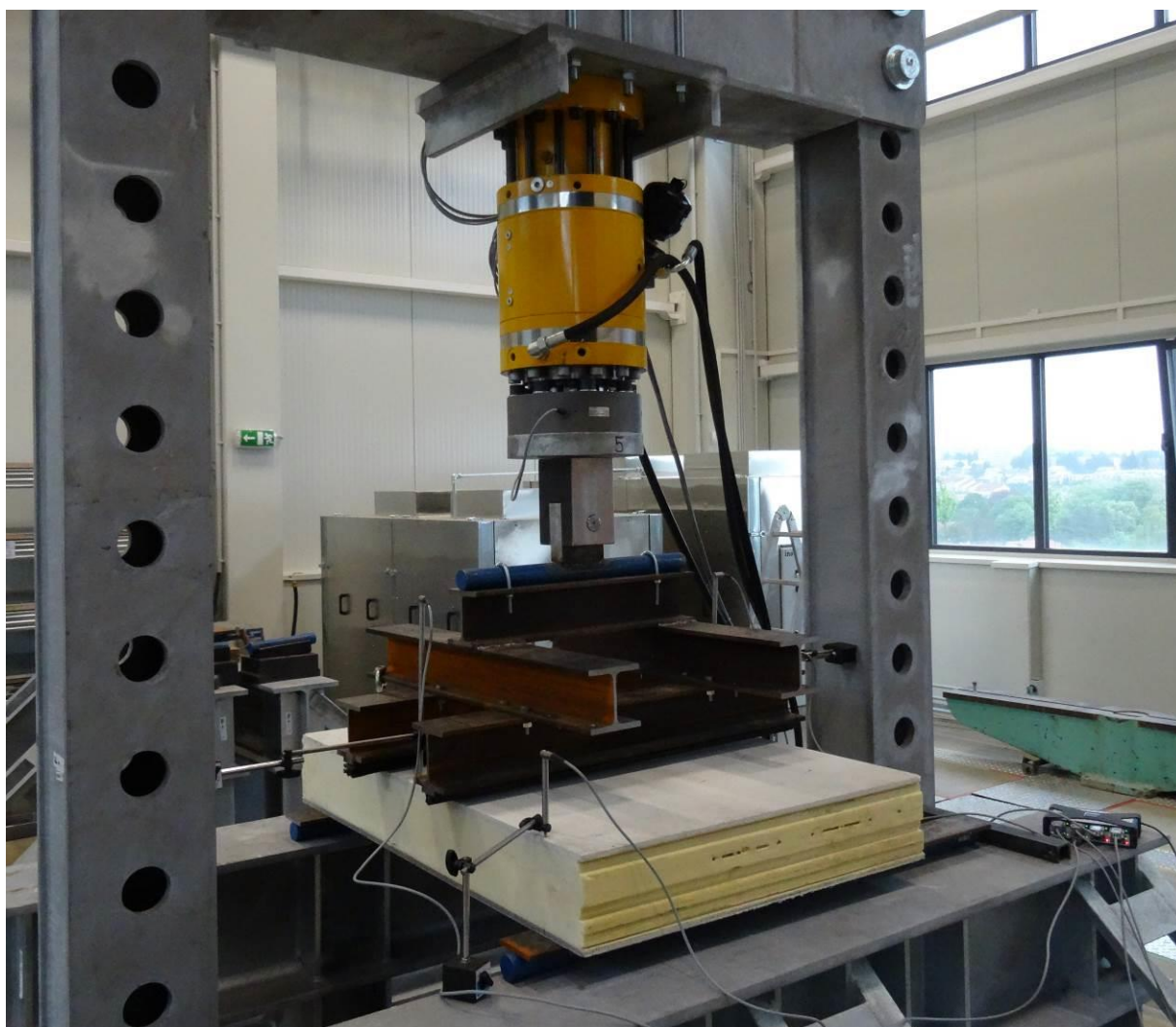
Obr. 1 Forma pro výrobu panelů vypěňováním.

Tloušťka vnitřní desky fermacell (horní) je 10,0 mm, tloušťka vnější desky fermacell Powerpanel H₂O (dolní) je 12,5 mm. Celková tloušťka panel je 175 mm, délka 1250 mm a šířka 850 mm. V rámci zakázky jsou testovány 3 vzorky sendvičových panelů.

Okrajové podmínky

Panel je vložen jako prostý nosník na ocelové válce přes roznášecí desky. Vzdálenost podpor je 1000 mm.

Zatížení je vyvozováno shora a pomocí profilů HEB 120 roznášeno do dvou bodů symetricky ve třetinách rozpětí také přes ocelové válce a ocelové roznášecí desky (Obr. 2; s výjimkou vzorku 1, kde byl ocelový válec obalen gumovou roznášecí vrstvou).



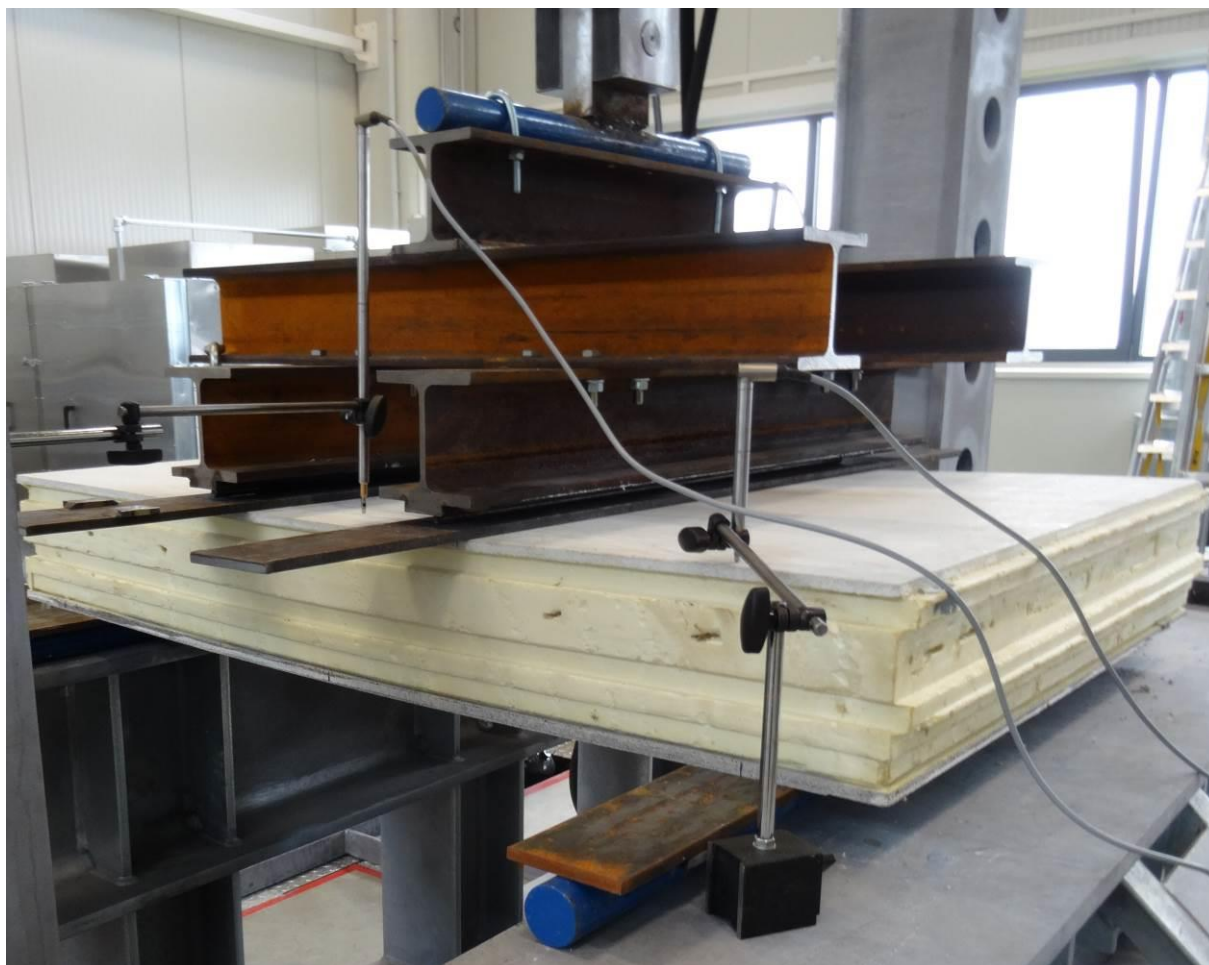
Obr. 2 Zkušební sestava pro testování čtyřbodovým ohybem.

Zkušební postup

Zkouška je realizována v souladu s metodikami v normách ČSN EN 73 2030 Zatěžovací zkoušky stavebních konstrukcí. Společná ustanovení a ČSN EN 14509 ed. 2 (747725) Samonosné izolační sendvičové panely s povrchovými plechy - Průmyslově vyráběné výrobky.

Zatížení je vnášeno rovnoměrně rychlostí 26,7 N/s až do porušení.

V průběhu testu jsou měřeny horizontální deformace v polovině rozpětí a nad podporou (Obr. 3).



Obr. 3 Osazení měřících přístrojů pro měření průhybu uprostřed rozpětí a nad podporou.

Výsledky testu

Vzorek 1

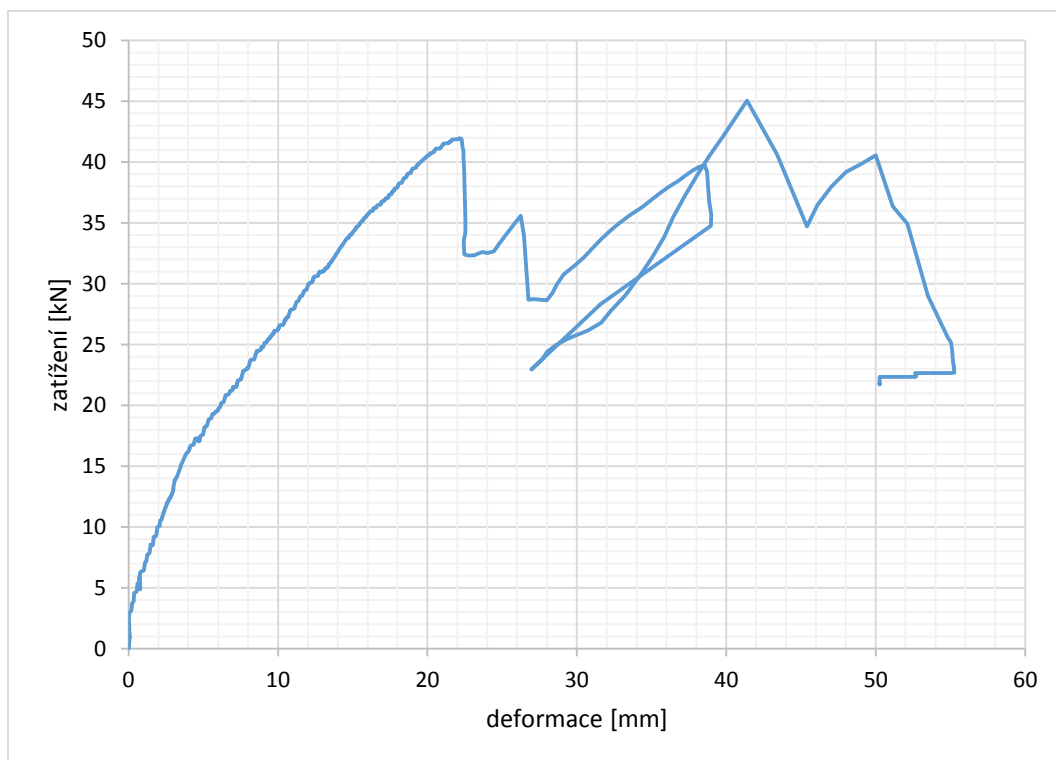
U vzorku 1 nastalo porušení protlačením zatěžovacích bodů v kombinaci s porušením podélným smykem.

Lineární část pracovního diagramu pro výpočet smykové tuhosti materiálu jádra je brána od zatížení 20 kN do zatížení 40 kN. Přírůstek deformace v tomto rozmezí činil 13,16 mm.

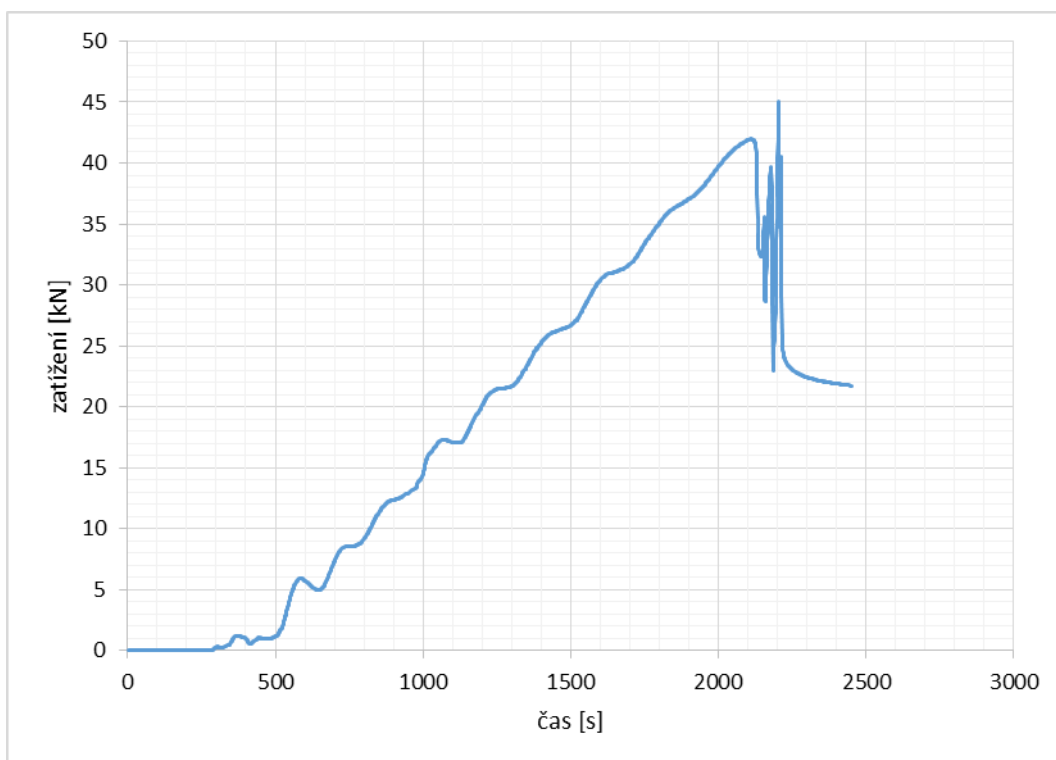
Maximální zatížení pro výpočet pevnosti ve smyku je 41,96 kN. Výsledky jsou číselně zobrazeny v Tab. 2 a graficky na Obr. 4 – Obr. 8.

Smyk - vzorek S1 - bez výztuhy			
F [kN]	w(L/2) [mm]	F [kN]	w(L/2) [mm]
0,00	0,00	26,00	9,73
1,00	0,02	27,00	10,45
2,00	0,04	28,00	11,11
3,00	0,28	29,00	11,61
4,00	0,56	30,00	12,05
5,00	1,00	31,00	12,97
6,00	0,98	32,00	13,66
7,00	1,31	33,00	14,21
8,00	1,64	34,00	14,80
9,00	1,89	35,00	15,51
10,00	2,15	36,00	16,33
11,00	2,53	37,00	17,19
12,00	2,81	38,00	18,02
13,00	3,20	39,00	18,67
14,00	3,39	40,00	19,54
15,00	3,71	41,00	20,51
16,00	4,06	41,96	22,15
17,00	4,92		
18,00	5,27		
19,00	5,77		
20,00	6,38		
21,00	6,96		
22,00	7,53		
23,00	8,11		
24,00	8,46		
25,00	9,07		

Tab. 2 Číselné hodnoty průhybu uprostřed rozpětí pro dané hodnoty zatížení vzorku 1.



Obr. 4 Pracovní diagram vzorku 1.



Obr. 5 Průběh aplikované síly v čase vzorku 1.



Obr. 6 Průhyb vzorku 1 před porušením.



Obr. 7 Porušení protlačením v místě vnášení zatížení v kombinaci s porušením smykem.



Obr. 8 Průběh smykových trhlin.

Vzorek 2

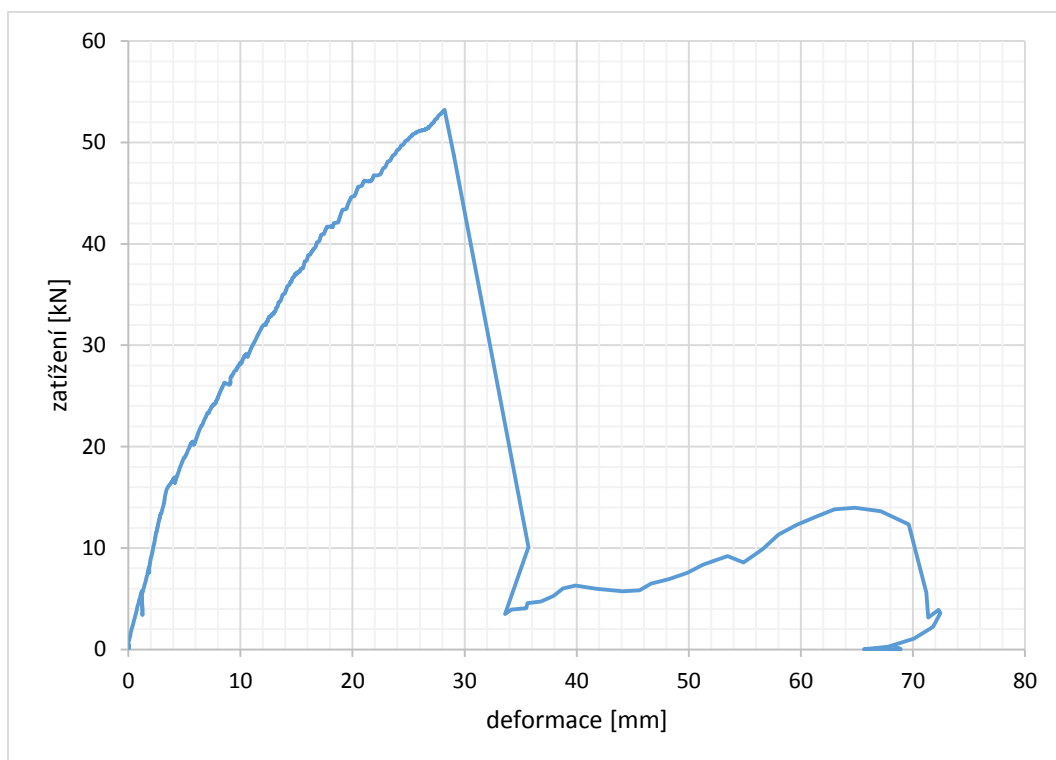
U vzorku 2 nastalo porušení smykem.

Lineární část pracovního diagramu pro výpočet smykové tuhosti materiálu jádra je brána od zatížení 20 kN do zatížení 40 kN. Přírůstek deformace v tomto rozmezí je 13,31 mm.

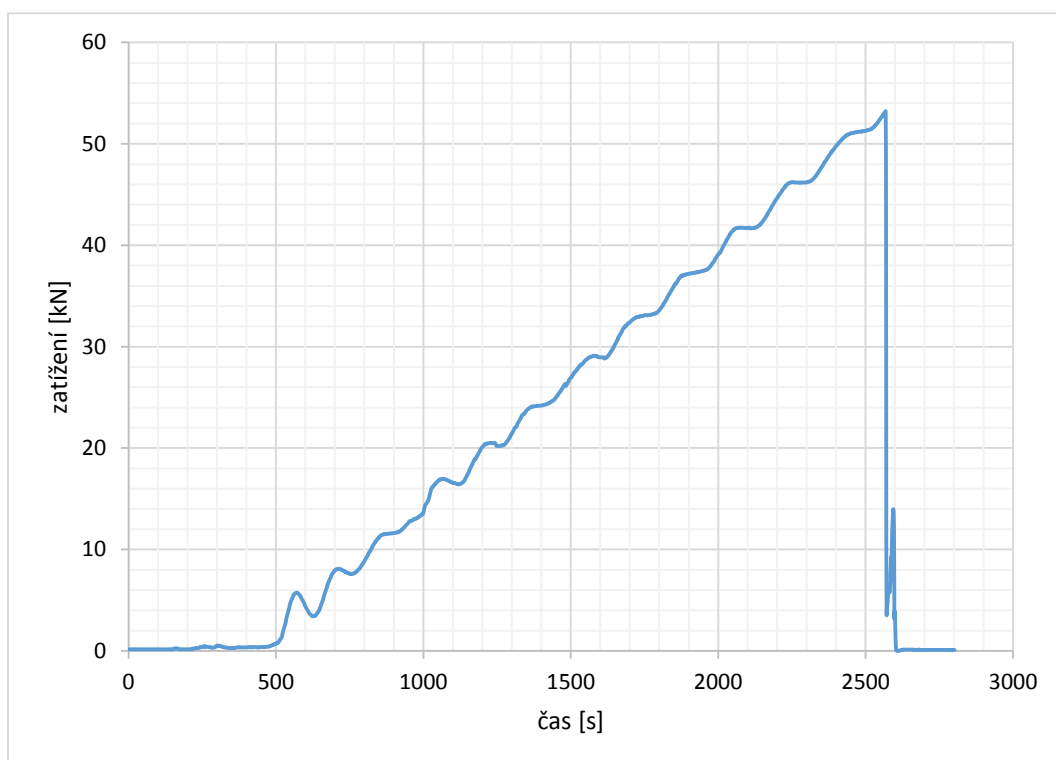
Maximální zatížení pro výpočet pevnosti ve smyku je 53,23 kN. Výsledky jsou číselně zobrazeny v Tab. 3 a graficky na Obr. 9 – Obr. 13.

Smyk - vzorek S2 - bez výztuhy			
F [kN]	w(L/2) [mm]	F [kN]	w(L/2) [mm]
0,00	0,00	31,00	11,55
1,00	0,07	32,00	12,26
2,00	0,30	33,00	12,81
3,00	0,55	34,00	13,36
4,00	1,24	35,00	13,82
5,00	1,21	36,00	14,39
6,00	1,34	37,00	14,99
7,00	1,59	38,00	15,67
8,00	1,84	39,00	16,25
9,00	2,01	40,00	16,79
10,00	2,21	41,00	17,46
11,00	2,39	42,00	18,33
12,00	2,60	43,00	18,99
13,00	2,79	44,00	19,64
14,00	3,08	45,00	20,31
15,00	3,26	46,00	20,94
16,00	3,50	47,00	22,55
17,00	4,32	48,00	23,11
18,00	4,62	49,00	23,87
19,00	5,04	50,00	24,67
20,00	5,48	51,00	25,70
21,00	6,12	52,00	27,25
22,00	6,46	53,00	28,01
23,00	6,93	53,23	28,20
24,00	7,48		
25,00	8,04		
26,00	8,45		
27,00	9,24		
28,00	9,81		
29,00	10,42		
30,00	11,09		

Tab. 3 Číselné hodnoty průhybu uprostřed rozpětí pro dané hodnoty zatížení vzorku 2.



Obr. 9 Pracovní diagram vzorku 2.



Obr. 10 Průběh aplikované síly v čase vzorku 2.



Obr. 11 Průhyb vzorku 2 před porušením.



Obr. 12 Vzorek 2 po porušení.



Obr. 13 Porušení smykem vzorku 2.

Vzorek 3

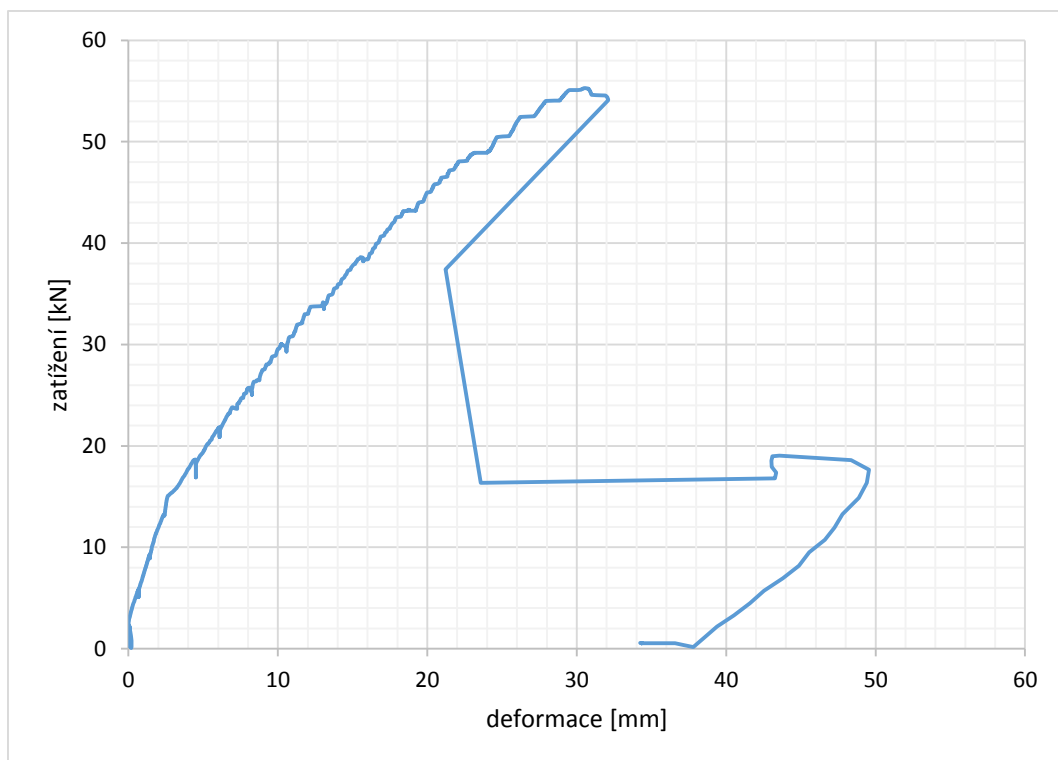
U vzorku 3 nastalo porušení horní desky fermacell souběžně s hranou roznášecí ocelové desky.

Lineární část pracovního diagramu pro výpočet smykové tuhosti materiálu jádra je brána od zatížení 20 kN do zatížení 40 kN. Přírůstek deformace v tomto rozmezí je 11,46 mm.

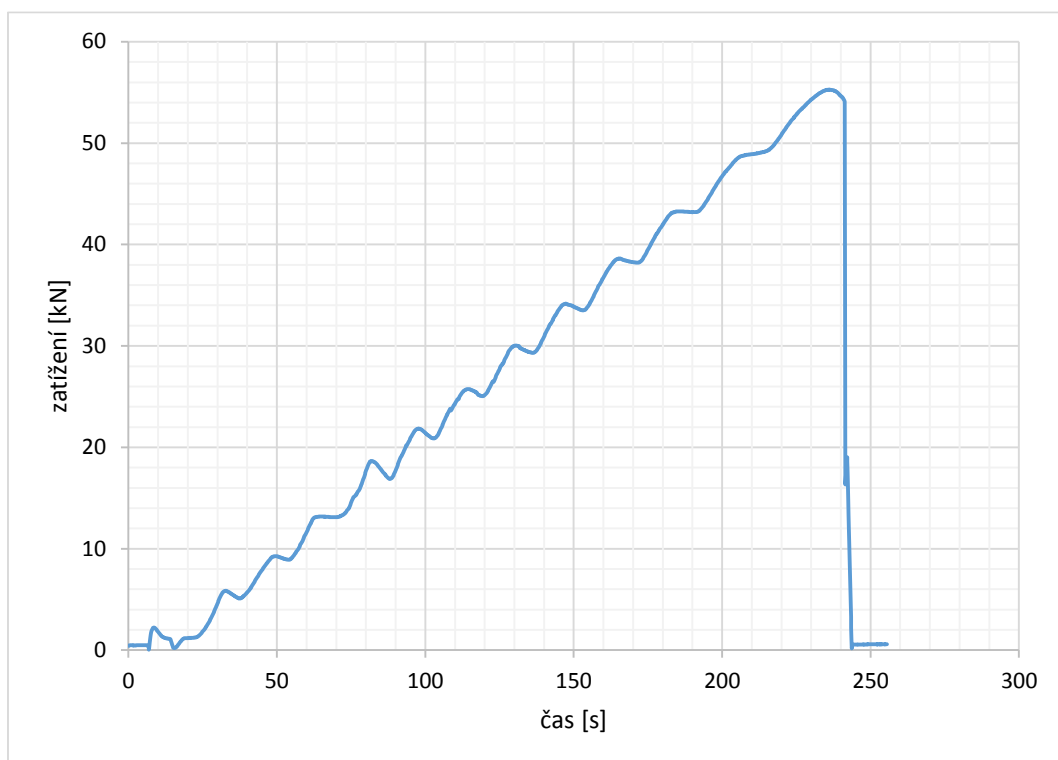
Maximální zatížení pro výpočet pevnosti ve smyku je 55,28 kN. Výsledky jsou číselně zobrazeny v Tab. 4 a graficky na Obr. 14 – Obr. 18.

Smyk - vzorek S3 - bez výztuhy			
F [kN]	w(L/2) [mm]	F [kN]	w(L/2) [mm]
0,00	0,00	31,00	11,06
1,00	0,07	32,00	11,42
2,00	0,03	33,00	11,92
3,00	0,06	34,00	13,00
4,00	0,23	35,00	13,68
5,00	0,46	36,00	14,19
6,00	0,73	37,00	14,61
7,00	0,93	38,00	15,18
8,00	1,16	39,00	16,24
9,00	1,43	40,00	16,67
10,00	1,56	41,00	17,17
11,00	1,76	42,00	17,72
12,00	2,02	43,00	18,34
13,00	2,29	44,00	19,41
14,00	2,49	45,00	20,18
15,00	2,61	46,00	20,84
16,00	3,28	47,00	21,42
17,00	4,51	48,00	22,06
18,00	4,50	49,00	24,06
19,00	4,79	50,00	24,49
20,00	5,21	51,00	25,64
21,00	6,11	52,00	26,03
22,00	6,25	53,00	27,40
23,00	6,63	54,00	27,92
24,00	7,27	55,00	29,41
25,00	7,72	55,28	30,54
26,00	8,32		
27,00	8,83		
28,00	9,22		
29,00	9,88		
30,00	10,24		

Tab. 4 Číselné hodnoty průhybu uprostřed rozpětí pro dané hodnoty zatížení vzorku 3.



Obr. 14 Pracovní diagram vzorku 3.



Obr. 15 Průběh aplikované síly v čase vzorku 3.



Obr. 16 Průhyb vzorku 3 před porušením.

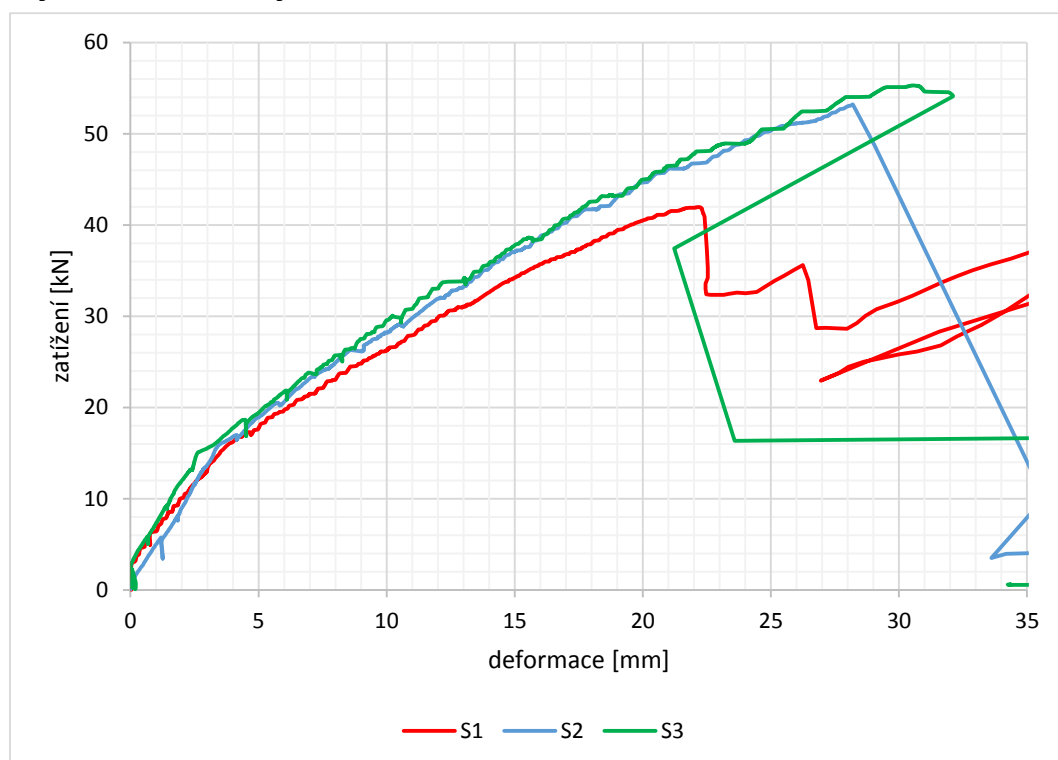


Obr. 17 Porušení horní desky fermacell vzorku 3 souběžně s hranou roznášecí ocelové desky.



Obr. 18 Porušení horní desky fermacell vzorku 3.

Vyhodnocení výsledků vzorků 1 – 3



Obr. 19 Grafické srovnání pracovních diagramů vzorků 1-3.

Vyhodnocení prováděno dle ČSN EN 14509 ed. 2 (747725) Samonosné izolační sendvičové panely s povrchovými plechy - Průmyslově vyráběné výrobky.

		Vzorek 1	Vzorek 2	Vzorek 3
Přírůstek síly	kN	20,0	20,0	20,0
Přírůstek průhybu	Mm	13,16	11,31	11,46
Modul pružnosti ve smyku	MPa	2,4	2,8	2,8
Maximální dosažená síla	kN	41,96	53,23	55,28
Pevnost PU pěny ve smyku	kPa	150,7	191,2	198,6

Tab. 5 Číselné vyhodnocení smykových vlastností vypočítané s využitím výsledků testů čtyřbodovým ohybem vzorků 1-3.