

KMT-2019-2/OT-01

Katedra materiálu

Fakulta strojní

Technická univerzita v Liberci

Studentská 2, 461 17 Liberec

Česká Republika

Projekt s názvem:

„Aplikace geopolymerních kompozitů jako protipožární bariéry (AGK)“
s identifikačním kódem VI20172019055

PROTOKOL O OVĚŘENÍ TECHNOLOGIE

„Ověřená technologie povrchových úprav pro protipožární ochranu staveb“

1

Název technologie	Ověřená technologie povrchových úprav pro protipožární ochranu staveb
Tvůrce technologie	Katedra materiálu, Fakulta strojní, Technická univerzita v Liberci
Autoři technologie	Ing. Totka Bakalova Ph.D., Ing. Luděk Liška, prof. Ing. Petr Louda, CSc., Ing. Lukáš Voleský Ph.D., Ing. Pavlína Hájková Ph.D., Ing. Vladimír Kovačič, Ing. Le Chi Hiep, Ing. Le Van Su
Číslo a název projektu	„Aplikace geopolymerních kompozitů jako protipožární bariéry (AGK)“ s identifikačním kódem VI20172019055
Datum ověření	1. 10. 2019
Místo ověření	TU v Liberci, firma EUROPANEL s.r.o. (Liberec) a firma PAVUS, a.s. (Veselí nad Lužnicí)





Cíle a popis technologie

Technologie povrchových úprav pro protipožární ochranu staveb zajistí zvýšení bezpečnosti dřevostaveb z hlediska požární odolnosti. Povrchová úprava umožní zvýšení tepelné stability stěn, vrat a konstrukcí. Prodlouží dobu prohoření a tím umožní prodloužení doby pro evakuaci ohrožených osob.

Povrchová úprava stavebních a konstrukčních materiálů pomocí nátěru kompozitním systémem s geopolymerní matricí s nízkou měrnou hmotností a plnivý v podobě mikrovlákných a nanovlákných plniv. Předpokladem je, že navrhnutá technologie ochrany povrchu bude mít široké uplatnění bez vysoké finanční náročnosti. Současně je nabízená technologie snadno aplikovatelná v průmyslovém měřítku.

Poskytovatel ověření technologii je výrobcem stavebního systému sendvičových panelů z OSB desek a polystyrenu pro dřevostavby, rodinné domy, bytové domy a zahradní architekturu, chatky, chaty, nářad'ové domky, altány, pergoly, garážová stání, prodejní stánky. Základním prvkem stavebního systému EUROPANEL je panel, který je vyroben slepením jádra ze stabilizovaného samozhášivého polystyrenu EPS 70 F nebo polystyrenu GreyWall (modifikovaným grafitem) s pláštěm, který tvoří desky OSB 4 silné 15 mm, odpovídající požadavkům harmonizované normy ČSN EN 300.

Přínosem navrhované technologie je získání a nabytí vědomostí a zkušeností o chování výrobků z geopolymerního materiálu za zvýšených teplot. Tyto výrobky mají za cíl zvýšení prevence, ochrany a bezpečnosti obyvatel státu v případě požáru současně s omezením, popř. zabráněním šíření ohně a zároveň prodloužení doby pro evakuaci ohrožených osob. Cílem je stanovení limitních hodnot a rychlostí ohřevu v případě výskytu požáru v bytové jednotce pro dané kombinace podkladového materiálu a žáruvzdorné ochranné vrstvy s různou tloušťkou.

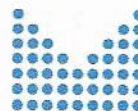
Ověření technologie povrchových úprav dřevěných konstrukcí budov a způsob využití kompozitních materiálů na bázi geopolymérů, geopolymerních a nanokompozitních struktur má za cíl zvýšení tepelné stability stěn, vrat a konstrukcí, prodloužení doby prohoření dřevěných konstrukcí a zajištění snadnější evakuace osob při výskytu požáru.

Popis technologie - technologický postup

Ověření technologie bylo provedeno ve spolupráci TUL a firmou EUROPANEL s.r.o. Liberec. Ověření technologie povrchových úprav pro protipožární ochranu staveb bylo provedeno následujícím způsobem:

- firma EUROPANEL s.r.o. zajistila přípravu konstrukční stěny se všemi finančními náklady s rozměry ošetřené plochy 3000 × 3000 × 120 mm podle normy. Konstrukční stěna byla připravená přímo ve zkušebně firmy PAVUS, a.s. ve Veselí nad Lužnicí přibližně 35 dní před zkouškou (ověření funkčnosti ochranné geopolymerní vrstvy).
- Po ukončení přípravy konstrukční stěny pracovníci z Technické univerzity v Liberci (v rámci své pracovní činnosti na projekt „Aplikace geopolymerních kompozitů jako





protipožární bariéry (AGK)“) zajistili ošetření povrchu konstrukční stěny (europanel) žáruvzdorným geopolymerním kompozitem s nízkou měrnou hmotností o průměrné tloušťce 20 mm. Ochranná vrstva byla nanesená pomocí odlévání geopolymerního materiálu na povrchu OSB desek, které jsou součástí europanelu.

- Podmínky zkoušky ve firmě PAVUS, a.s., Veselí nad Lužnicí, byly určeny na základě jednání mezi TUL a firmou EUROPANEL s.r.o. a po odborné konzultaci s panem Ing. Loumou ze zkušebny firmy PAVUS a.s.. Zkouška spojená s ověřením technologie povrchových úprav pro protipožární ochranu staveb byla finančně zajištěná za strany TUL v rámci projektu Ministerstva vnitra ČR.
- Po ukončení zkoušky a převzetí výsledků z firmy PAVUS, a.s. zajistila firma EUROPANEL s.r.o. porovnání dosažených výsledků s výsledky z předchozí zkoušky ohnivzdornosti konstrukční stěny (europanel) bez nanesené ochranné vrstvy.
- Na základě dosažených výsledků bude sestaven protokol o ověření technologie s názvem „Ověřená technologie povrchových úprav pro protipožární ochranu staveb“, který bude vyplněn a podepsán ze strany TUL a firmy Europanel s.r.o. Protokol bude doložen v rámci projektu Ministerstva vnitra ČR v rámci programu Bezpečnostní výzkum, projektu s názvem“ Aplikace geopolymerních kompozitů jako protipožární bariéry (AGK)“.

Ověření navrženého technologického postupu

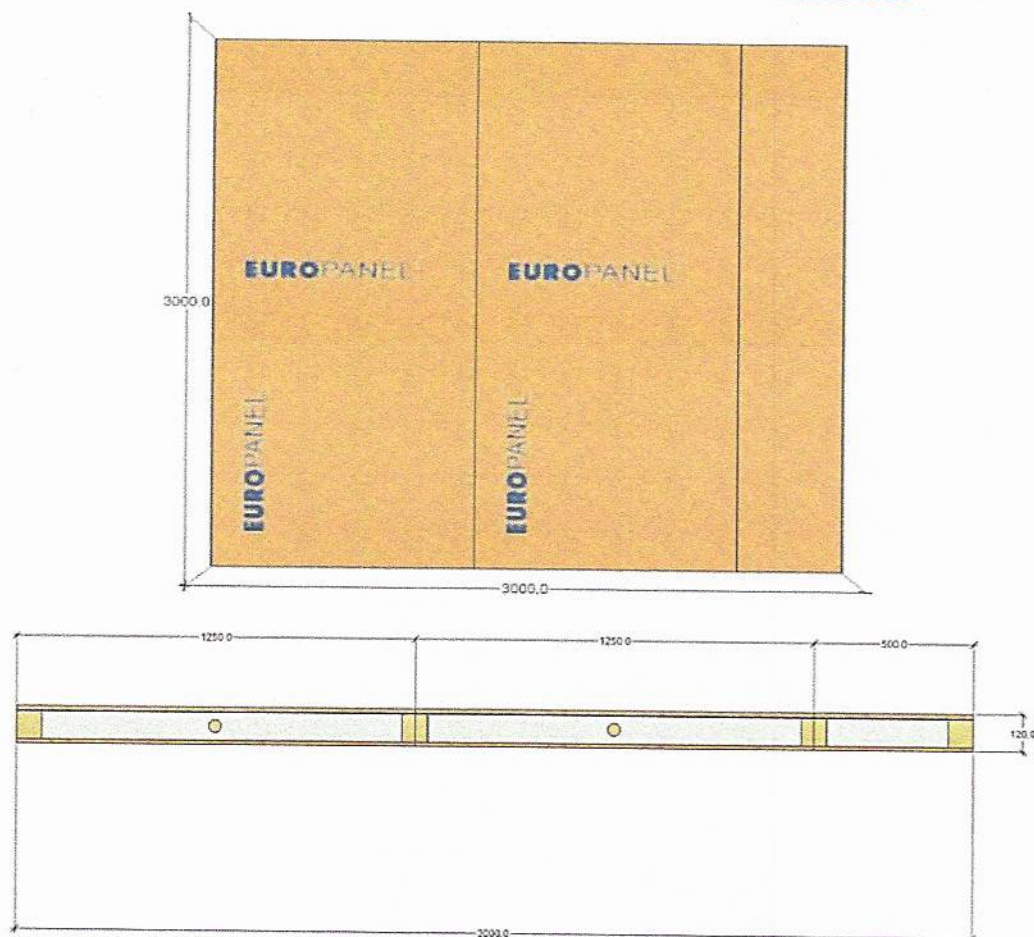
3

Příprava nosné stěny s názvem “EUROPANEL GP20“ byla uskutečněná ve zkušebně firmy PAVUS, a.s. 2. 9. 2019 v rámci spolupráci mezi TU v Liberci a firmou EUROPANEL s.r.o. (viz obr. 1 a 2). Schéma nosné stěny s názvem “EUROPANEL GP20“ a způsob skládání OSB desek jsou znázorněny na obrázku 1. Na ohřívanou stranu vzorku bylo před aplikací geopolymerní vrstvy instalováno pět termoelektrických článků (měřící spoje ve středu vzorku s středy kvadrantů).

Přibližně týden po přípravě byla nosná stěna s názvem “EUROPANEL GP20“ (GP20 - geopolymerní ochrana o tloušťce 20 mm) usazená do zkušebního zatěžovacího rámu (Obr. 2), se kterým byla instalovaná ke stěnové zkušební peci, ve zkušebně firmy PAVUS a.s. ve Veselí nad Lužnicí. Měřící přístroje byly použité podle ČSN EN 1365-1: 9:

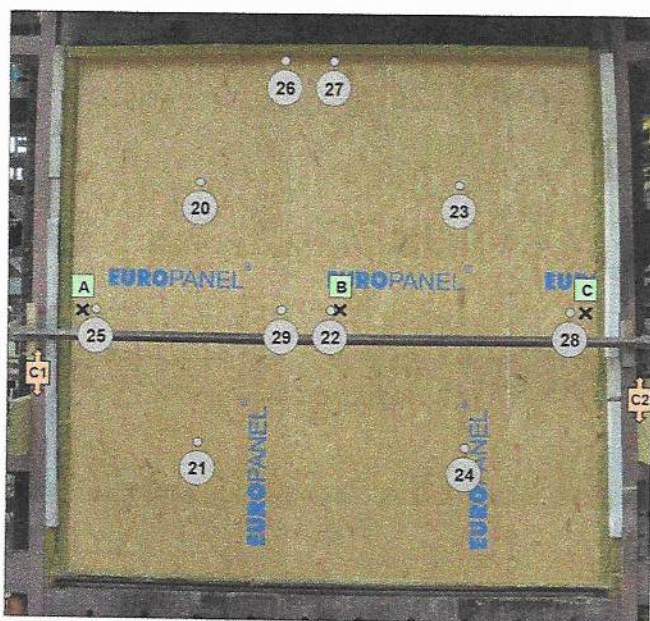
- termoelektrické články na neohřívané straně vzorku pro měření zvýšení průměrné a maximální teploty na neohřívané straně vzorku;
- laserové měřidlo délky proti neohřívanému povrchu vzorku pro měření vodorovných deformací stěny;
- lankové snímače dráhy v zatěžovacím rámu pro měření svislých deformací stěny.





Obr. 1 Schéma nosné stěny s názvem "EUROPANEL GP20"

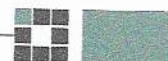
4



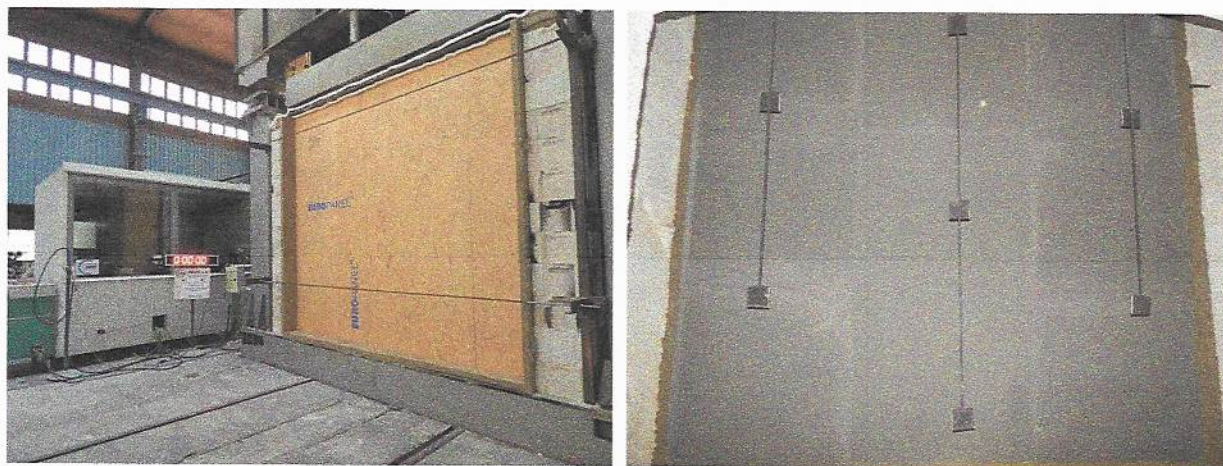
Legenda

- 20 + 24 - průměrná a maximální teplota NS
- 25 + 29 - maximální teplota NS
- C1, C2 - měření svislé deformace
- A + C - měření vodorovného průhybu

Obr. 2 Rozmístění termočlánků (TC) na nosné stěně "EUROPANEL GP20" a označení bodů pro měření deformaci



Zkouška, která zajišťuje „Ověření technologie povrchových úprav pro protipožární ochranu staveb“ byla provedena 1. 10. 2019 v 13:00 hod. ve zkušebně firmy PAVUS, a.s. ve Veselí nad Lužnicí (Obr. 3) pod dohledem zodpovědné osoby (Ing. Mírko Louma), zkouška trvala **57:09 min** (Obr. 4). Po ukončení zkoušky nebyla okem na stěně pozorována žádná svislá deformace.



Obr. 3 Znáznornění nosní stěny „EUROPANEL GP20“ ve zkušebně firmy PAVUS, a.s. ve Veselí nad Lužnicí před začátkem zkoušky

5



Obr. 4 Znáznornění nosní stěny „EUROPANEL GP20“ ve zkušebně firmy PAVUS, a.s. ve Veselí nad Lužnicí při ukončení zkoušky

Zkušební podmínky (tlak v peci, průměrná teplota i lokální teploty v peci, procentní odchylka průměrné teploty od normové teploty) byly nadefinovány dle normy **ČSN EN 1363-1: 5**.

Zkouška byla provedena ve svislé stěnové zkušební peci vnitřních rozměrů 3000 mm (šířka) x 3000 mm (výška). Mezi svislým okrajem zkušebního vzorku a zkušebním rámem (pilíř z pórobetonových tvárníc objemové hmotnosti 650 kg/m³) byla vytvořena spára 50 mm, aby



se oba svislé okraje stěny mohly volně pohybovat. Spáry byly vyplněny minerální vlnou objemové hmotnosti 100 kg/m^3 . Zkušební zatížení bylo zadané objednatelem:

- spojitě rovnoměrné zatížení stěny 32 kN/m ; tzn.
- celkové zatížení stěny šířky 3 m silou 96 kN .

Dosažené výsledky

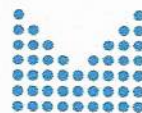
Příprava, provedení zkoušky a výsledky měření jsou uvedeny v protokolu o zkoušce č. **Pr-19-2.161 ze dne 14. listopadu 2019** vydaného v Požární zkušebně Veselí nad Lužnicí firmy PAVUS, a.s. Výtah z tohoto protokolu je dále uvedený se souhlasem zkušebny.

Výsledky měření jsou uvedeny v tabulkách a grafech v příloze tohoto dokumentu.

Kritéria dosažení mezních stavů jsou uvedena ČSN EN 1365-1, čl. 11.2, ČSN 1363-1, čl. 11.1. Vyjádření výsledků zkoušky podle ČSN EN 1363-1, čl. 12.2 je následující:

Kriterium	Dílčí kritérium	Naměřená hodnota	Hodnocení kritéria
Nosnost	mezní svislé stlačení	57 min, bez porušení ^{a)}	57 min
	mezní rychlosti svislého stlačení	57 min, bez porušení ^{a)}	57 min
Celistvost	vznícení bavlněného polštářku	57 min, bez porušení ^{a)}	57 min
	průchodu měrk	57 min, bez porušení ^{a)}	57 min
	trvalé plamenné hoření	57 min, bez porušení ^{a)}	57 min
Izolace	vzrůst průměrné teploty	57 min, bez porušení ^{a)}	57 min
	vzrůst teploty v kterémkoliv místě	57 min, bez porušení ^{a)}	57 min
Radiace	hustota celkového tepelného toku z NS vzorku 15 kW/m^2	57 min, bez porušení ^{a) b)}	57 min
^{a)} Zkouška přerušena po dohodě s objednatelem zkoušky a přihlédnutí k ČSN EN 1363-1, čl. 10.5 a). ^{b)} Podle ČSN EN 1363-2, čl. 8.1 se měření radiace z povrchu NS vzorku s teplotou nižší než 300°C nepožaduje, neboť hustota celkového tepelného toku z takového povrchu je nízká (do $4,5 \text{ kW/m}^2$ i při emisivitě povrchu $1,0$ a rozměrech vzorku $3 \text{ m} \times 3 \text{ m}$).			





Porovnání dosažených výsledků u konstrukční stěny bez a s geopolymerní ochrany

Pro porovnání výsledků stěny EUROPANEL GP 20 byly použity výsledky obdobné zkoušky stěny EUROPANEL bez geopolymerní ochranné vrstvy. Obě zkoušky byly provedeny shodně ve stejné zkušebně na stejném zařízení a za stejných normových podmínek. Jak vyplývá z níže uvedené tabulky výsledků, bylo u stěny EUROPANEL GP 20 dosaženo výrazně lepších časů ve všech třech sledovaných parametrech. Nosnost stěny byla prodloužena z původních 26 na 57 minut. Celistvost z 25 (26) minut se prodloužila na 57 minut a parametr Izolace z 24 (25) minut na 57 minut. Radiace se ve srovnávací zkoušce neměřila.

Vyjádření výsledků zkoušky

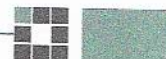
Kriterium	Dílčí kritérium	Naměřená hodnota	Hodnocení kritéria
Nosnost	Mezní stlačení	26 min, bez dosažení	26 minut
	Mezní rychlosti stlačení	26 min, bez dosažení	26 minut
Celistvost	Bavlněný polštářek	25 minut	25 minut
	Průchod měrky spár	26 min, bez porušení	26 minut
	Trvalé plamenné hoření	25 minut	25 minut
Izolace	Průměrná teplota	26 min, bez dosažení	25 minut ¹⁾
	Maximální teplota	24 minut	24 minut
¹⁾ Kritérium „izolace“ se automaticky pokládá ze porušené, poruší-li se kritérium „celistvost“ (viz [2] čl. 11.4.2)			

7

Aplikace technologického postupu

Nabízená technologie je alternativou k běžně používaným technologiím zvýšení požární odolnosti formou obkladu stavebních konstrukcí deskami na bázi cementu, sádry, nebo skelných či minerálních vláken. Možnost aplikace na vodorovné i svislé povrchy ve výrobě, nebo na staveništi zvětšuje možnosti jejího praktického využití. Technologie bude využita při protipožární ochraně staveb nebo jejich částí, kde se standardní obklad nehořlavým materiálem technicky nedá provést, případně tam, kde řešení ochrany geopolymerem bude ekonomičtější. Dále je zvažováno využití ve výrobě stropních panelů pro bytové domy, stropy jsou dnes řešeny jako trámové konstrukce. Geopolymerní vrstva na panelu umožní provádět stropy staveb s panelovou technologií a tím zrychlit a zjednodušit montáž.

Technologie nástřiku navíc umožňuje protipožárně ochránit i materiálově nehomogenní konstrukce. Jako příklad může sloužit zvýšení požární ochrany základů staveb zakládáných nad terénem na EUROPANEL. Zemní vruty, na které jsou tyto stavby zakládány, mohou být ve své nadzemní části společně s dřevěnými prvky BSH a OSB deskami opatřeny





geopolymerním nástřikem. Tím se zvýší požární odolnost stavby a suterén může být využit například jako parkovací místo motorového vozidla. Technologie umožňuje nános různých tloušťek geopolymerní vrstvy a tím se dá regulovat i míra požární ochrany předmětné stavební konstrukce.

Nabízená technologie lze velice snadno aplikovat na dřevotřískových, ocelových a betonových površích buď technologií odléváním, nebo stříkáním směsi pomocí pistoli na konkrétním povrchu, který je určen jako chráněný. Povrchová úprava stavebních a konstrukčních materiálů pomocí nátěru kompozitním systémem s geopolymerní matricí s nízkou měrnou hmotností a plnivý v podobě mikrovláknenných a nanovláknenných plniv vytváří bariéru mezi chráněným povrchem a ohni a zvyšuje odolnost konstrukci. Výsledkem je prodloužení dobu prohoření a tím i prodloužení doby pro evakuaci ohrožených osob.

Ekonomické parametry, za které bude výsledek realizován

Finanční náklady – konstrukční stěna

Materiálové náklady na provedení 1m² stěny z EUROPANELU.

Europanel	EP 170 A	m ²	1	1 498,00	1 498,00
Základový pražec	ZP 60/170 DUO - 4000	ks	0,10	1 100,00	110,00
Spojovací panel	SP 140 - 2920	ks	0,33	386,00	128,67
Vložený prvek	VP 40/140 D - 3000	ks	0,07	208,00	13,87
Vložený prvek	VP 40/140 D - 4000	ks	0,17	278,00	46,33
Spojovací materiál	odhad spotřeby na 1 m ²	m ²	1	150,00	150,00
Celkem za etapu					1 946,87

8

Finanční náklady - ochranná vrstva

Materiálové náklady na provedení ochranné geopolymerní vrstvy v tloušťce 10 mm na provedení 1 m² stěny

Výpočet ceny geopolymerního kompozitu	1000	kg	14650	Bez DPH
	96,04	kg	1407	Kč bez DPH
Výpočet ceny písku	1000	kg	2320	Kč/t bez DPH
	50,55	kg	117,276	Kč bez DPH
Výpočet ceny čedičových vláken	20	kg	2200	Kč/20kg bez DPH
	11,12	kg	1223	Kč bez DPH



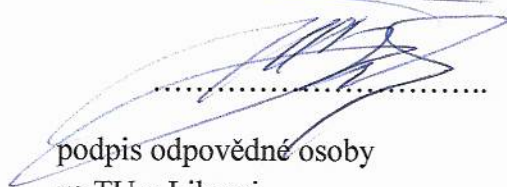


Výpočet ceny hliníku	1	kg	368	Kč/kg bez DPH
	0,76	kg	279	Kč bez DPH
Materiálové náklady na geopolymerní vrstvu ověřované konstrukce			3026,30	Kč bez DPH
Materiálové náklady na 1 m ² geopolymerní vrstvy			336,3	Kč bez DPH

- Náklady na montáž stěny z EUROPANELU jsou 500 Kč/m².
- Náklady na provedení ochranné geopolymerní vrstvy jsou 220 Kč/m².

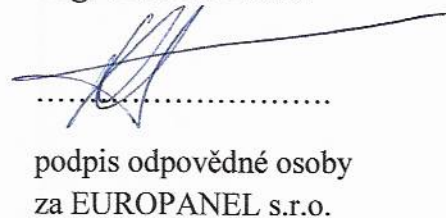
Z uvedených údajů vyplývá, že zvýšení požární ochrany konstrukce z EUROPANELU z REI 20 na REI 57 zvýší náklady na provedení o 536 Kč, tedy o 21,9 %.

Ing. Totka Bakalova, Ph.D.


.....
podpis odpovědné osoby
za TU v Liberci

V Liberci dne 13.12.2019

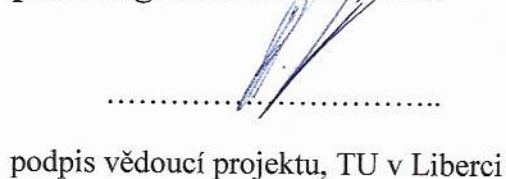
Ing. Luděk Liška


.....
podpis odpovědné osoby
za EUROPANEL s.r.o.

9

V Liberci dne 13.12.2019

prof. Ing. Petr Louda, CSc.


.....
podpis vědoucí projektu, TU v Liberci

V Liberci dne

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
FAKULTA STROJNÍ
Katedra materiálu
Studentská 2
461 17 LIBEREC



Příloha

Výsledky vyhodnocení

Zkušební podmínky

Zkušební podmínky dle části 5 normy ČSN EN 1363-1 jsou dokumentované v následující tabulce a grafech.

Podmínky zkoušky podle ČSN EN 1363-1: 5

Čas t (min)	Teplota v peci, deskový snímač číslo									Odchylka d_e			Odchylka od T		Tlak v místě sondy		Teplota okolí (°C)
	T (°C)	40 (°C)	41 (°C)	42 (°C)	43 (°C)	44 (°C)	45 (°C)	46 (°C)	prům. (°C)	od - do (%)	skutečná (%)	skutečná (%)	min (°C)	max (°C)	od - do (Pa)	skutečný (Pa)	
0	20	20	20	20	20	20	20	20	20								13
1	349	145	158	133	121	92	128	208	141								24
2	445	456	489	450	450	425	441	564	468								21
5	576	654	623	630	622	446	660	545	597			-2.3			8.6	18.6	13
6	603	669	651	665	650	549	677	607	638	-15.0	15.0	-0.7			8.6	18.6	14
10	678	630	623	629	633	628	627	629	628	-15.0	15.0	-0.2	-55	-45	8.6	18.6	15
11	693	657	658	682	650	616	691	654	658	-14.5	14.5	-0.9	-77	-1	10.6	16.6	16
15	739	747	731	742	732	658	774	707	727	-12.5	12.5	-0.8	-80	36	10.6	16.6	14
20	781	809	804	800	808	745	829	793	798	-10.0	10.0	-0.1	-37	47	10.6	16.6	13
30	842	853	855	824	859	808	847	849	842	-5.0	5.0	0.4	-34	17	10.6	16.6	14
31	847	847	859	819	861	811	849	850	842	-4.9	4.9	0.4	-36	15	10.6	16.6	14
45	902	933	942	881	952	843	920	929	914	-3.8	3.8	0.4	-60	50	10.6	16.6	13
50	918	947	940	882	958	864	920	936	921	-3.3	3.3	0.4	-54	40	10.6	16.6	14
51	921	952	950	884	965	859	929	938	925	-3.3	3.3	0.4	-62	44	10.6	16.6	14
52	924	955	956	890	971	855	934	945	929	-3.2	3.2	0.4	-69	47	10.6	16.6	14
53	927	958	958	894	977	856	938	948	933	-3.1	3.1	0.4	-71	50	10.6	16.6	14
54	930	956	956	898	971	864	941	955	934	-3.0	3.0	0.4	-65	42	10.6	16.6	13
55	932	954	954	897	974	870	939	954	935	-2.9	2.9	0.4	-62	41	10.6	16.6	14
56	935	953	954	894	973	877	938	958	935	-2.8	2.8	0.4	-58	38	10.6	16.6	14
57	938	959	961	902	980	874	947	965	941	-2.8	2.8	0.4	-64	43	10.6	16.6	15
60																	20

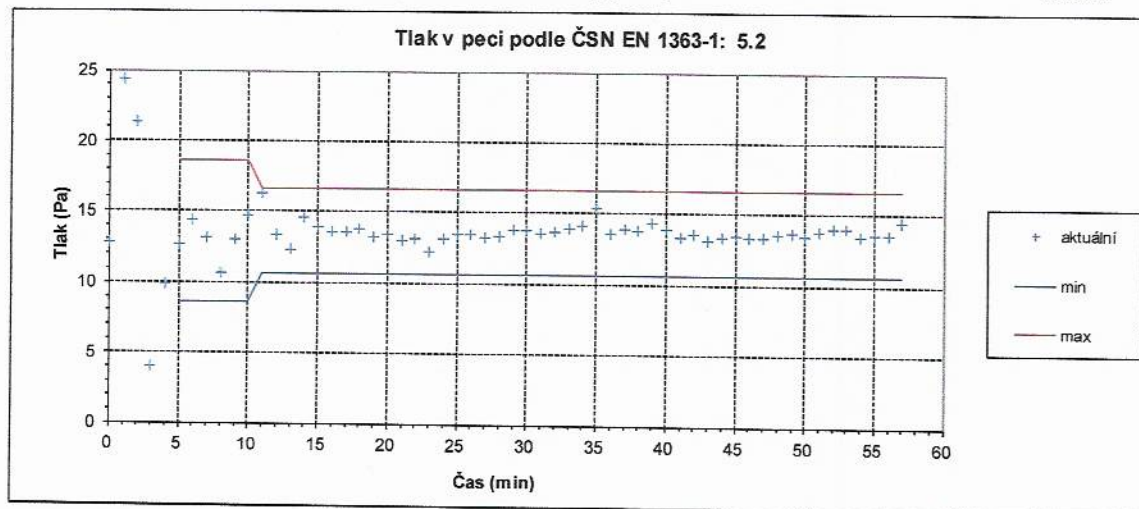
XX = 23 až 29 označení DST - měřicího místa

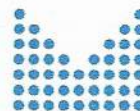
Legenda

- t je čas zkoušky, v min;
T je normou požadovaná průměrná teplota v peci, ve °C, $T/^{\circ}\text{C} = 345 \cdot \log_{10}(8t/\text{min} + 1) + 20$;
prům. je skutečná průměrná teplota v peci, ve °C;
 d_e je procentní odchylka ploch pod křivkami teplota/čas pro skutečnou průměrnou teplotu a normou požadovanou průměrnou teplotu v peci

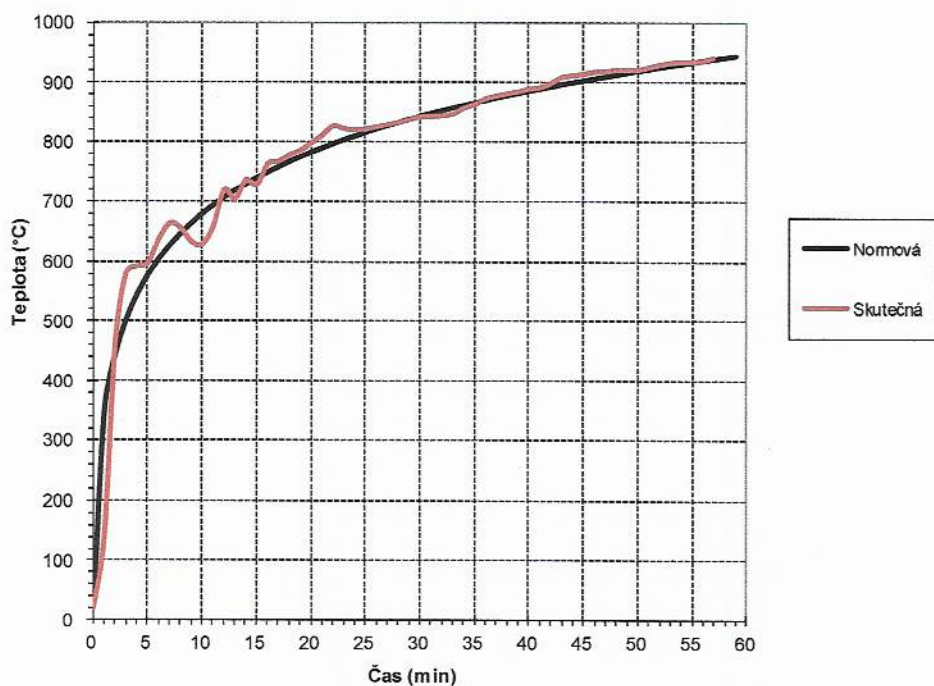
"Tlak" je rozdíl tlaku v peci a okolního tlaku na stejné výškové úrovni (výšce nad podlahou pece):

Tlak 20.0 Pa je požadovaný ve výšce 3.00 m.
Potom tlak 13.6 Pa má být v místě tlakové sondy, tj. ve výšce 2.25 m.

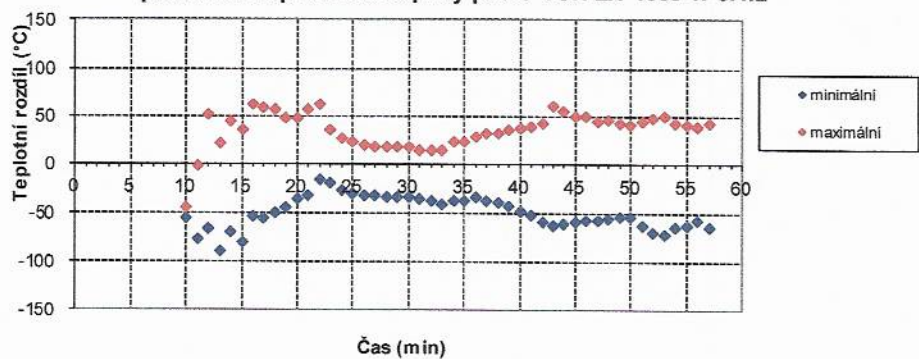




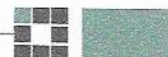
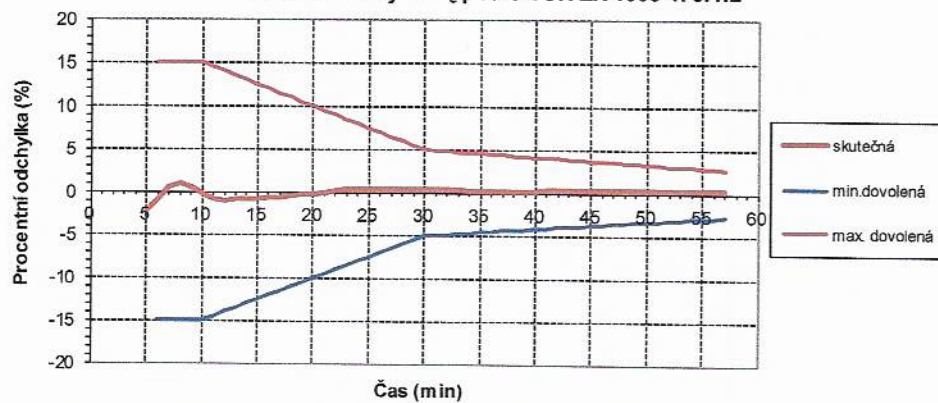
Průměrná teplota v peci podle ČSN EN 1363-1: 5.1.1

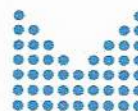


Maximální/minimální odchylka jednotlivých DST v peci od normou požadované průměrné teploty podle ČSN EN 1363-1: 5.1.2



Procentní odchylka d_e podle ČSN EN 1363-1: 5.1.2



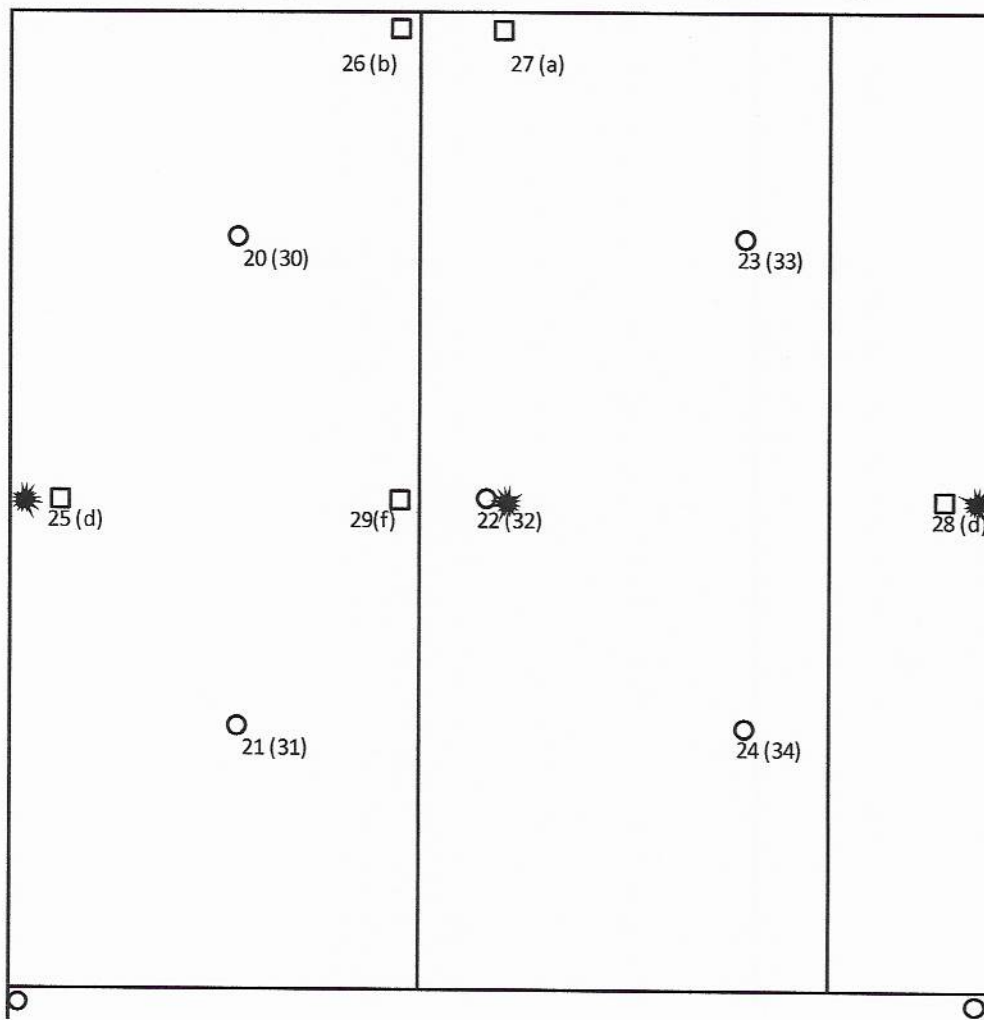


Měření na vzorku

Měřicí místa

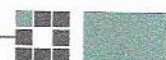
Umístění měřicích spojů termoelektrických článků (TC) na neohřívané straně (NS) a místa měření deformací jsou znázorněna na následujícím obrázku.

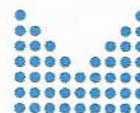
Umístění termoelektrických článků a místa měření deformací (pohled na NS)



Legenda

- na NS: polohy termoelektrických článků pro stanovení růstu průměrné teploty (TC 22 - blízko středu, TC 20, 21, 23, 24 ve středech kvadrantů)
na rozhraní GP - deska OSB (na OS): polohy vnitřních termoelektrických článků pro stanovení času začátku uhebnatění desek OSB (TC 30 až 34)
- polohy termoelektrických článků pro stanovení růstu maximální teploty (písmena se vztahují k termoelektrickým článkům označených písmenem v ČSN EN 1365-1, čl. 9.1.2.3)
 - a) 20 mm pod horním okrajem v polovině šířky (TC 27)
 - b) 20 mm pod horním okrajem v ose sloupku a současně 20 mm od svislého styku desek (TC 26)
 - d) v polovině výšky jednoho okraje, 150 mm od okraje (TC 25, 28)
 - f) v polovině výšky, 20 mm od svislého styku (TC 29)
- ★ místa měření vodorovných deformací (A a C 50 mm od svislého okraje ve středu výšky, B ve středu vzorku)
- p snímače posuvu (E, F) pro měření svyslých deformací vzorku





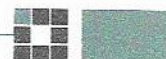
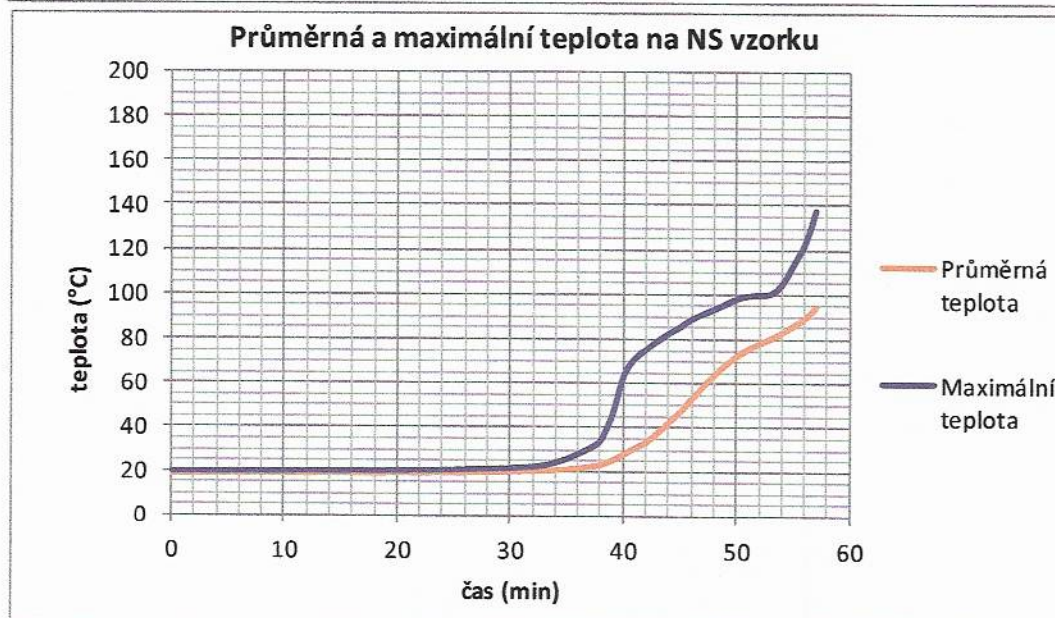
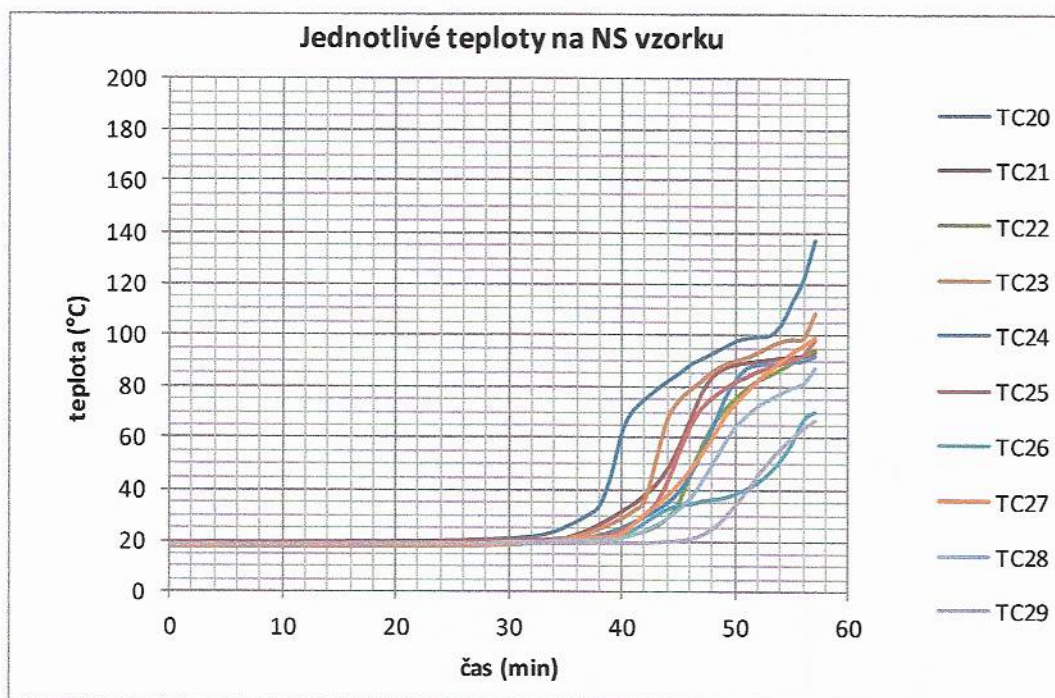
Teploty vzorku

Teploty na NS vzorku jsou uvedeny v následující tabulce a grafech.

Teploty na NS vzorku

Čas (min)	Teploty měřené jednotlivými TC pro výpočet: průměr. a max. teploty										Průměrná teplota (°C)	Maximální teplota (°C)
						maximální teploty						
	TC20 (°C)	TC21 (°C)	TC22 (°C)	TC23 (°C)	TC24 (°C)	TC25 (°C)	TC26 (°C)	TC27 (°C)	TC28 (°C)	TC29 (°C)		
0	20	19	19	19	19	19	18	18	19	19	19	20
5	20	19	19	19	19	19	18	18	19	19	19	20
10	20	19	19	20	19	20	18	18	19	19	19	20
15	20	19	19	20	20	20	18	18	19	19	19	20
20	20	19	20	20	20	20	18	18	19	19	19	20
25	21	19	20	20	20	20	18	18	19	19	19	21
30	21	20	20	20	20	20	19	18	20	19	20	21
35	26	21	20	21	21	21	20	20	20	19	21	26
40	63	32	21	29	25	24	22	23	22	19	28	63
45	85	57	35	75	39	55	34	42	33	20	48	85
50	98	88	75	90	83	82	39	74	65	35	73	98
51	99	89	79	92	88	84	41	78	69	40	76	99
52	100	90	82	94	89	86	43	83	73	46	78	100
53	100	90	84	96	89	88	47	86	75	51	81	100
54	104	91	87	98	89	89	52	90	78	56	83	104
55	113	91	89	99	90	91	58	93	80	61	86	113
56	122	92	92	99	90	93	67	96	82	64	90	122
57	138	93	94	109	92	99	70	99	88	67	95	138
60												







Vnitřní teploty vzorku a jejich porovnání s průměrnou teplotou v peci a teplotami na NS vzorku je uvedeno v následující tabulce a grafech.

Vnitřní teploty a teploty na NS vzorku

Čas (min)	Teploty na rozhraní GP - deska OSB a na NS (střed a středy kvadrantů plochy)											
	GP - deska OSB						NS vzorku					
	TC30 (°C)	TC31 (°C)	TC32 (°C)	TC33 (°C)	TC34 (°C)	průměr (°C)	TC20 (°C)	TC21 (°C)	TC22 (°C)	TC23 (°C)	TC24 (°C)	průměr (°C)
0	19	19	19	19	19	19	20	19	19	19	19	19
5	159	120	97	159	99	127	20	19	19	19	19	19
10	297	245	136	273	167	223	20	19	19	20	19	19
11	315	263	149	295	182	241	20	19	19	20	19	19
12	349	293	166	326	201	267	20	19	19	20	19	19
13	381	325	187	352	226	294	20	19	19	20	19	19
14	405	351	209	372	247	317	20	19	19	20	19	19
15	431	383	232	397	271	343	20	19	19	20	20	19
16	451	411	253	417	296	366	20	19	19	20	20	20
17	472	438	275	438	322	389	20	19	19	20	20	20
18	494	463	297	456	348	412	20	19	19	20	20	20
19	517	488	319	472	376	434	20	19	20	20	20	20
20	537	509	340	486	402	455	20	19	20	20	20	20
25	615	590	429	565	519	544	21	19	20	20	20	20
30	655	639	557	648	587	617	21	20	20	20	20	20
35	677	666	756	683	620	680	26	21	20	21	21	22
40	661	606	816	704	647	687	63	32	21	29	25	34
45	664	585	829	702	550	666	85	57	35	75	39	58
50	690	640	829	715	595	693	98	88	75	90	83	87
55	708	681	850		645	721	113	91	89	99	90	96
56	712	685	856		654	727	122	92	92	99	90	99
57	717	708	867		671	740	138	93	94	109	92	105
60												

15

Uheľnatění desky OSB na OS (pod GP) při teplotě desky > 300 °C

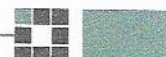
Po degradaci desky OSB na OS (pod GP) nebyla poloha měřicích spojů TC30 až TC34 jednoznačně určena a naměřené teploty nelze vysvětlit.

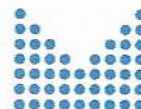
Čas, kdy průměrná teplota desky OSB na OS dosáhla 300°C

$$t_{ch,spec} = 13.3 \text{ min}$$

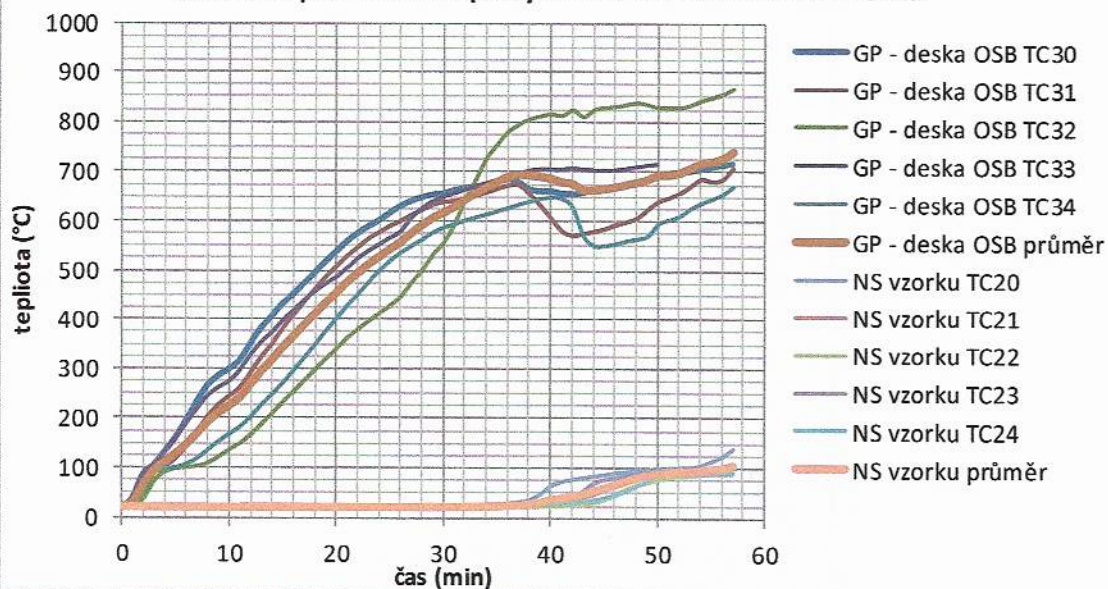
Čas, kdy teplota zaznamenaná jedním TC na povrchu desky OSB na OS dosáhla 300°C

$$t_{300} = 10.2 \text{ min}$$

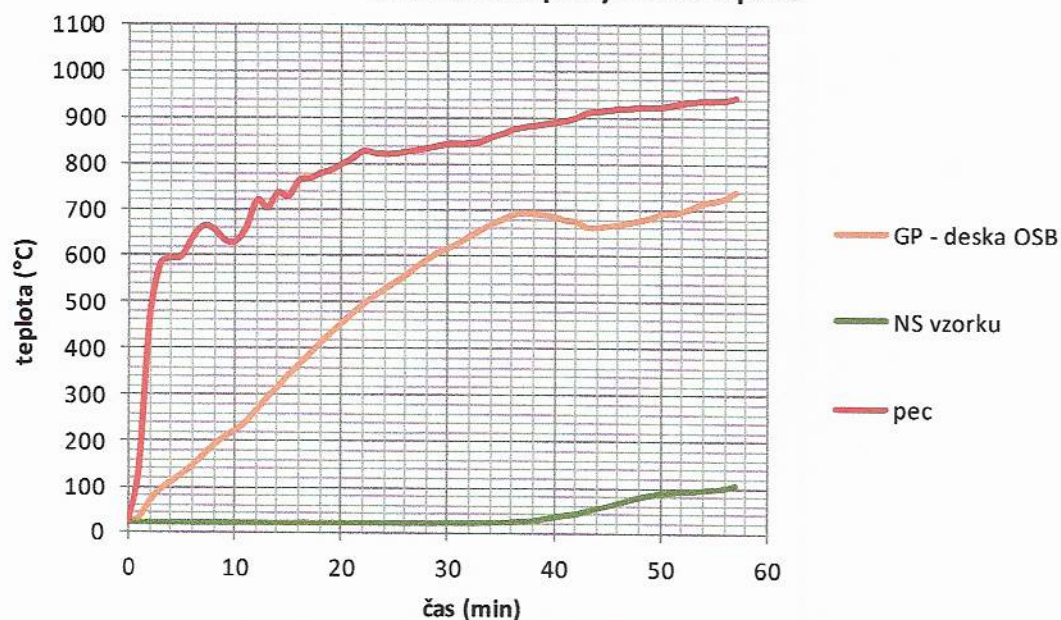




Lokální a průměrné teploty uvnitř vzorku a na NS vzorku



Průměrné teploty vzorku a pece





Deformace vzorku

Svislé a vodorovné deformace vzorku měřené podle ČSN EN 1365-1, čl. 9.3 a zaznamenané během zkoušky jsou uvedeny v následující tabulce a grafu. Pro výpočet osového stlačení vzorku a rychlosti osového stlačení by použitý průměr z měření z obou měřicích míst, viz ČSN EN 1365-1, čl. 11.2.

Deformace vzorku

Čas (min)	Svislá deformace				Vodorovná deformace		
	měření v místě E (mm)	F (mm)	osové stlačení (mm)	rychlost stlačení (mm/min)	A (mm)	B (mm)	C (mm)
0	0	0	0.0		0	0	0
5	0	0	0.0	0.0	3	1	2
10	-0.4	-0.3	-0.4	-0.1	4	2	3
15	-0.7	-0.6	-0.7	-0.1	4	2	3
20	-1.2	-1.1	-1.2	-0.1	4	3	4
25	-2	-1.5	-1.8	-0.4	6	8	5
30	-4.8	-3.5	-4.2	-0.5	9	14	7
35	-6.2	-4.9	-5.6	-0.2	11	19	8
40	-7.3	-5.8	-6.6	-0.2	11	23	8
45	-9.1	-6.8	-8.0	-0.4	10	26	8
50	-11.6	-8.3	-10.0	-0.6	9	36	8
55	-17.5	-10.9	-14.2	-1.4	8	79	9
56	-19.9	-11.5	-15.7	-1.8			
57	-23.2	-12.3	-17.8	-2.1			
60							

Legenda

Původní výška zkušební vzorku $h = 3000 \text{ mm}$

Mezní absolutní hodnota osového stlačení dle ČSN EN 1363-1, čl. 11.1 b)

$$h/100 = 30 \text{ mm}$$

Mezní absolutní hodnota rychlosti osového stlačení dle ČSN EN 1363-1, čl. 11.1 b)

$$3h/1000 = 9 \text{ mm/min}$$

Osové stlačení vzorku = - svislá deformace = průměr z měření dle ČSN EN 1365-1, obr. 2

Vodorovná deformace je kladná při posunu měřených bodů ven z pece.

Rychlost stlačení vypočtena jako numerická derivace osového stlačení pomocí "třibodového vzorce" (tzv. centrální poměrná diference).



