

Proč padají stropy HURDIS

V souvislosti s dalšími haváriemi stropů HURDIS se objevila ve sdělovacích prostředcích (včetně odborných časopisů) celá řada informací a názorů snažících se objasnit příčinu těchto havárií. V mnohých případech neměli autoři těchto článků seriózní údaje či podklady ke svým tvrzením či názorům, což v důsledku vyvolalo desinformaci o kvalitě hurd a skutečných příčinách havárií.

Firma Geobrick, jejíž pracovníci jsou autoři tohoto článku, se zabývá nejenom problematikou vlastností surovin, ale též problematikou technologie výroby a kvality cihlářského střepe v celém rozsahu sortimentu. V souvislosti s kvalitou tvarovek CSD HURDIS a haváriemi stropů provedla firma Geobrick celou řadu zkoušek a experimentů, s jejichž výsledky bychom alespoň stručně touto cestou rádi seznámili odbornou veřejnost. Je nepochybné, že obdobný rozsah zkoušek žádná firma ani odborný ústav (na území ČR a SR) při řešení této problematiky dosud nerealizovala. Zjištěné poznatky proto považujeme za významné.

Na základě dílčích závěrů odborných posudků autorů z FSv ČVUT a Kloknerova ústavu Praha (Peleška, Pume) byla firma Geobrick v roce 1998 požádána firmou Alois Flachs – Hurdis (dále AFH) o ověření hodnot statického modulu pružnosti (dále E) na výrobcích a o řešení kvality střepe s cílem snížení hodnoty vlhkostní roztažnosti (dále VR) nejméně o 40 % proti tehdejšímu stavu.

Výsledky prací zaměřených na řešení těchto problematik byly mimo jiné shrnuty ve Stavebních listech č. 8/2000. Stručně rekapitulujeme a navíc nově doplňujeme o některé hodnoty (např. VR – varem):

- vypálený cihlářský střep jak z ložiska AFH, tak z dalších sledovaných ložisek vykazuje rozdílné hodnoty VR i hodnoty E (viz tab. č. 1).

Tabulka č. 1

Výrobce	Rok výroby	VR (autokláv) mm/m	VR (var) mm/m	E MPa
HODONÍN 024	1966	0,36	nestanoveno	nestanoveno
RUŽOMBEROK	1995	0,97	nestanoveno	nestanoveno
HODONÍN AFH	1998	1,13	nestanoveno	28 800
RUŽOMBEROK	1999	0,78	nestanoveno	16 900
HEVLÍN	1999	0,39	nestanoveno	16 000
HODONÍN s.r.o.	1999	1,16	nestanoveno	20 400
HEVLÍN	2000	0,16	0,12	15 200
HODONÍN AFH	2001	0,62	0,30	15 800
BAVORSKO	-	0,84	0,30	nestanoveno

Pozn. 1) Hodnoty uvedené v tabulce byly stanoveny na výřezech z tvarovek

- dále bylo prokázáno, že rozdílné hodnoty VR a E vykazují i jednotlivé typy surovin (viz tabulka č. 2) a že lze hodnoty sledovaných veličin ovlivnit zásahy do technologického procesu výroby

Tabulka č. 2

Surovinový typ	VR (autokláv) mm/m	E MPa
T 8	0,48	16 800
T 10	0,32	12 600
T 14	nestanoveno	20 200

Pozn. 2) Hodnoty u typů byly stanoveny na zkušebních trámečcích (15x15x120 mm) vytvořených laboratorně

Tabulka č. 3

Surovinová směs (AFH)	VR (autokláv) mm/m	E MPa
výrobní směs před úpravou	1,13	28 800
výrobní směs po úpravě	0,68	16 400

Pozn. 3) Hodnoty stanoveny na výřezech z tvarovek

- z pohledu zadání a výše uvedeného lze výsledky této etapy zkoušek a experimentů hodnotit pozitivně, protože bylo dosaženo požadovaných parametrů (viz tab. č. 3)

Práce byly provedeny v souladu s metodikou použitou v Kloknerově ústavu:

- vlhkostní roztažnost – dle NF P 13–302 – říjen 1983, tzn. **v autoklávu**
- vlhkostní roztažnost – dle ČSN EN 772-19, tzn. **varem**
- modul pružnosti – dle ČSN 72 5021, ČSN 73 6174
(metodika upravená ve VUT Brno FAST Ústav stavebních a zkušebních metod)

Přestože bylo dosaženo pozitivních výsledků (s ohledem k požadavkům francouzské normy a požadavkům výše uvedených expertů) nebyl nalezen vztah havárií ke kvalitě surovin, parametrům výroby ani k vlastnostem střepu.

Dle doporučení zainteresovaných odborníků, kteří v této době spojovali problematiku havárií stropů s vlhkostní roztažností (objemovými změnami střepu), zavedla firma AFH doporučené úpravy výrobní směsi a výrobního postupu, které v důsledcích vedou k citovanému snížení zmíněných hodnot. Pro sledování těchto úprav je zavedena od roku 1999 v cihelně AFH provozní kontrola doporučených parametrů. Kromě toho je kvalita vyráběných CSD HURDIS sledována dle ČSN 72 2642 a to jak v provozní laboratoři AFH, tak v TZUS Brno. Po celou dobu sledování hurdy vyhovovaly a stále vyhovují citované ČSN.

V souvislosti s realizací některých provozních úprav, které vedly ke snížení sledovaných hodnot (byť pouze u jednoho z výrobců) vznikla informace, že hurdy vyrobené po roce 1998 jsou již z hlediska havárií bezpečné. **Dle našeho názoru (jak vyplývá z dalšího textu) se bohužel jedná o mylnou informaci, poněvadž bezpečnost stropního systému závisí na jiných faktorech.**

Diskuse v odborných kruzích a na odborných pracovištích přitom pokračovaly s cílem stanovení limitujících parametrů zmíněných veličin (VR, E) často bez objektivního zdůvodnění a snahy o komplexní objasnění příčin havárií. Paralelně bohužel pokračovaly i havárie stropů, které vytvářely stále napjatější atmosféru.

Uvedené skutečnosti a zájem firmy AFH (který je největším výrobcem tvarovek CSD HURDIS v ČR) vyústily v pokračování řešení této problematiky ve firmě Geobrick. Mimo jiné vyvstala logicky otázka ověření vlastností tvarovek CSD HURDIS v přirozeném prostředí, poněvadž podmínky autoklávu (180 °C, 1 MPa tlaku – s výdrží 5 hodin) ani působení varu dle ČSN EN 772-19 (100 °C po dobu 24 hodin) nemohou při stavbě a užití stropu nastat a navíc jde jen o laboratorně stanovené hodnoty bez dalších vztahů.

V laboratorních podmínkách byl u výřezů z tvarovek CSD HURDIS AFH (horní a spodní deska) sledován vliv vlhkosti na hodnotu VR opakovaným namáčením a vysoušením střepu (7 časově se prodlužujících cyklů). Bylo dosaženo cca 60 % hodnoty VR varem. V absolutních hodnotách však nebyla překročena hodnota cca 0,20 mm/m. Dále byla hodnota VR sledována v přirozených atmosférických podmínkách po dobu cca 10 dnů. Výsledky měření ukázaly, že v daných podmínkách (ϕ 75 – 100 %) se hodnota VR prakticky nemění. Zkouška byla zakončena u jedné série vzorků namočením a varem a u druhé série autoklávem. Výsledky – viz graf 1.

Z grafu je zřejmé, že k výraznější hodnotě délkové změny (VR) dochází pouze po varu a po autoklávě.

Během provádění zkoušek v roce 2001 došlo k dalším haváriím stropů. Příčiny havárií posuzovalo několik expertů. Ani v jednom případě nebyla opět za příčinu poruchy označena (dle nám známých informací) tvarovka HURDIS. Za příčinu poruchy stropu byl označen špatný montážní postup (různé důvody – viz jednotlivé expertizy).

V souvislosti se zjištěným nedodržováním montážních postupů bylo přistoupeno v několika případech k odvrtní sond v havarovaných stropech (VUT Brno a Qualiform Brno). V daných případech bylo zjištěno, že **přímo na horní desce tvarovky HURDIS leží vrstva betonu o mocnosti 30 a více mm**. Přitom montážní postup dle firmy Flachs uvádí cementový potěr o síle 10 mm. Nad tímto potěrem je doporučována škvára, polystyren, keramzit, případně perlitobeton. Ke konečnému zmonolitnění stropu je doporučován beton min. B15 v síle 50 mm. **V žádném případě není doporučováno lití nebo nanášení betonu přímo na tvarovky CSD HURDIS.**

V důsledku zmíněných skutečností přistoupila firma Flachs ve spolupráci s firmou Geobrick k modelovému ověření vlivu „nadbetonování“ horní desky tvarovek HURDIS (obdobně jak bylo zjištěno při sondáži u několika havarovaných stropů). Nadbetonování bylo provedeno běžně používanou maltou B20 o síle 20 – 30 mm, která se používá při výrobě HF nosníků. Byly nadbetonovány vždy 3 ks tvarovek CSD výrobců:

Hodonín s.r.o.
Hodonín AFH
Hevlín
Hevlín (pero – drážka)
Ružomberok

Ve všech případech (mimo Ružomberok) došlo v intervalu od 8 do 20 dnů od nadbetonování ke vzniku trhlin s následným odtržením spodní části hurdy v typickém (pro havárie) klenbovitém tvaru. Beton nebyl po dobu zkoušky ošetřován. U hurd Ružomberok nedošlo ke spojení s betonem a k porušení hurd proto nedošlo. Je to paradoxní, poněvadž právě hurdisky Ružomberok (jak je uvedeno výše) vykazovaly jedny z nejvyšších hodnot VR. Na druhé straně to ukazuje na možnost, že i v běžné stavařské praxi nemusí dojít ke spojení hurda + beton a proto nemusí za jistých okolností všechny stropy s nadbetonováním více jako 2 až 3 cm havarovat.

Z výsledků tohoto experimentu lze však především odvodit, že k destrukci došlo nezávisle na hodnotě vlhkostní roztažnosti tvarovek od jednotlivých výrobců (Hevlín < 0,2 mm/m; Hodonín AFH cca 0,30 mm/m - varem).

V současné době probíhá ve firmě Geobrick experimentální měření délkových změn betonu z malty B20. **U betonu, který nebyl ošetřován vodou, dochází k postupnému smršťování (kontrakci). Hodnota kontrakce dosahuje po 12 dnech 0,709 mm/m a po 28 dnech 0,859 mm/m (viz graf 2).** Uvedené hodnoty přitom nezahrnují kontrakci za prvních 24 hodin.

Z předchozích údajů je tedy zřejmé, že hodnoty smršťování (vodou neošetřovaného) betonu jsou v běžných atmosférických podmínkách několikanásobně vyšší než vlhkostní roztažnost tvarovky CSD HURDIS v těchto podmínkách. Navíc je třeba si uvědomit, že smršťování betonu, dojde-li ke spojení hurda + beton, ovlivňuje **přímo** keramický střep hurdy, zatímco roztažnost střepu se v stropní konstrukci stropu, je-li správně proveden, promítá do malty mezi hurdou a patkou.

Z uvedených experimentálních zkoušek lze odvodit, že hlavní příčinou havárií stropního systému HURDIS je nedodržování technologického postupu a to především nanesení betonové vrstvy o tloušťce několika cm přímo na horní desku hurd.

Dle našeho názoru jde v daných případech o nepochopení koncepce a funkce daného stropního systému, společně se zjednodušením vlastní realizace stavby (příprava betonových směsí v „betonárnkách“ a přeprava na stavbu v „domíchávacích“ s následným vylitím na horní desky tvarovek CSD HURDIS, někdy dokonce v tloušťce až po horní část I nosníku).

Pro zajištění bezpečnosti zmíněného stropního systému je dle našeho názoru proto nutné oddělit tvarovky CSD HURDIS od betonu vhodnou separační vrstvou (např. běžná vápenná nebo vápenocementová malta v tloušťce 10 – 15 mm, s následným zásypem nebo vrstvou polystyrenu apod.).

Při dodržení zmíněných zásad se domníváme, že sledování hodnot vlhkostní roztažnosti a statického modulu pružnosti tvarovek CSD HURDIS není pro dodržení bezpečnosti stropního systému stěžejní otázkou.

Dále podotýkáme, že tvarovky CSD HURDIS jsou na našem území používány cca 80 let, bez znalosti a respektování různých hodnot vlhkostní roztažnosti střepu a modulu pružnosti a přitom bez zdokumentovaných havárií.

Vlhkostní roztažnost cihlářského střepu (jak bylo v úvodu zmíněno) samozřejmě existuje jako fenomén, ale na vlastních haváriích stropů se může částečně spolupodílet pouze v případě, že dojde k přímému styku horní desky tvarovek s betonem, a to je nežádoucí. Navíc je třeba si uvědomit, že uvádějí-li se v rámci STO hodnoty vlhkostní roztažnosti cihlářského střepu, jde o hodnoty vlhkostní roztažnosti varem nebo po autoklávu, tzn. v podmínkách, které nemohou reálně v praxi v žádném stropě nastat, na rozdíl od smršťování betonu, které proběhne vždy.

K argumentu, že k haváriím dochází pouze u systému „hurda – patka“ (hurdy se šikmými čely) je možno říci, že u hurd s kolmými čely vkládanými do profilu I dochází pravděpodobně **po zalití betonem též k praskání.** Utržená spodní deska však zůstává ležet na pásech profilu, čímž nemůže dojít k vypadení „podhledu“.

K problematice parametrů pro STO uvádíme, že jsou přejímány některé klasifikační hodnoty z francouzské normy, přičemž Francie pod pojmem „hourdis“ vyrábí tvarovku blížící se v Čechách vyráběnému MIAKU s maximální délkou do 600 mm.

Stropy, u kterých byl použit při stavbě podle technologického návodu slabý potěr, případně vápenocementová malta, jsou dle našich výsledků zcela bezpečné a není potřeba se obávat jejich pádu. Ročně se v České republice vyrobí přibližně 7 mil. kusů hurd, tj. cca 1 750 000 m² stropů, což stačí na 35 000 místností o ploše 50 m². Pokud ročně dochází k havárii cca 6 stropů (což při uvedené metráži činí 0,0171 % !!) domníváme se, v souladu s výše uvedenými poznatky, že poruchy jsou ovlivněny nevhodným technologickým postupem při konstrukci a nikoli materiálovou skladbou hurd či jejich výrobou. Uvedená zjednodušená statistika je naopak důkazem dobré kvality tvarovek CSD HURDIS i celého systému hurdového stropu.

Podrobné informace o průběhu a výsledcích všech zmíněných zkoušek jsou shrnuty v odborných elaborátech a posudcích, které jsou majetkem firem AFH a Geobrick.

Na závěr si dovoluujeme nesouhlasit s některými publikovanými názory, které často vycházejí z nedostatečného souboru prací a odpovídajících výsledků a vedou tak k dezinformaci veřejnosti.

Z podstatných lze uvést:

- k haváriím stropů může dle našich zjištění dojít i u stropů postavených po roce 1998, protože k odstranění příčiny havárií nedošlo změnami ve výrobě u jednoho z výrobců. Závada je způsobena nesprávným technologickým způsobem stavby (viz porušení CSD HURDIS všech výrobců, které byly nadbetonovány a přitom mezi nimi byly i hurdy, jejichž VR činila $< 0,2$ mm/m), tzn. že za rizikové je třeba považovat všechny stropy, u kterých nebyl dodržen montážní postup (jedná se zejména o přímou betonáž na hurdy)
- čas mezi výrobou a zabudováním nehraje významnou roli, poněvadž vlhkostní roztažnost střepe dosahuje v přírodních podmínkách hodnoty max. cca $0,2$ mm/m a je plně eliminována konstrukcí stropu. Ze stejného důvodu se domníváme, že je možné výrobky foliovat okamžitě po výrobě.
- patky při správném osazení na nosníky I se průběhu havárie neúčastní a zůstávají většinou při havárii stropu v původní poloze. Nejsou tedy původcem ani napětí ani havárie
- vnitřní pnutí v hurdách nebylo doposud dokladováno a je jen málo pravděpodobné, protože vliv vytváření a sušení je eliminován výpalem. Navíc existuje-li, bylo toto pnutí v hurdě od doby co hurda existuje a havárie v minulosti (před rokem 1994) nezpůsobilo
- vlhkostní roztažnost mnohonásobně namáčených hurd je cca $0,20 - 0,25$ mm/m. Zkouška dokladuje, že zabudování hurd do vlhkého prostředí je možné, samozřejmě však bez nadbetonování
- použití nevhodných surovin k výrobě nebylo dokladováno, protože všechny zkoušky výrobků v TAZUSu odpovídají ČSN i nově sledovaným ukazatelům (STO). Navíc historicky bylo vyráběno i ze surovin, které vykazují vyšší roztažnost než stávající výroba a k haváriím přitom nedocházelo. Tloušťka stěn, případně mezistěn (a to jak CSD HURDIS, tak patek), která je novým návrhem STO limitována nemůže být, v případě, že hurda odpovídá svými vlastnostmi požadavku pro pevnost, resp. únosnost, příčinou havárií. Existují totiž suroviny, které po odpovídajícím výpalu dávají vysoce kvalitní střepe, který umožňuje snižovat jeho tloušťku. Naopak, méně kvalitní suroviny kvalitní střepe nedávají. V tom případě je pak třeba (pro dosažení odpovídající pevnosti, resp. únosnosti střepe) tloušťku stěn i mezistěn – příček výrobku (tvarovky) zvyšovat.
- za neopodstatněné a nepodložené považujeme doporučení o nanášení malty na boční stěny hurd v průběhu montáže. Diskutabilní je rovněž problematika rýhování hurd. Pokud nebude nanesen beton na horní plochu hurd, není rozhodující, zda bude či nebude hurda rýhována. Vhodné rýhování nelze považovat za faktor ovlivňující kvalitu výrobku, které by v konečném důsledku mohlo být jednou z příčin poruch hurdy, případně celého stropu.

Domníváme se, že uvedený přehled výsledků prací včetně diskuse názorů přispěje k informování odborné i laické veřejnosti o skutečných příčinách havárií „stropního systému HURDIS“.

V Brně dne 14.1.2002

Za Geobrick Si & Pe, spol. s r.o. Brno autoři článku:

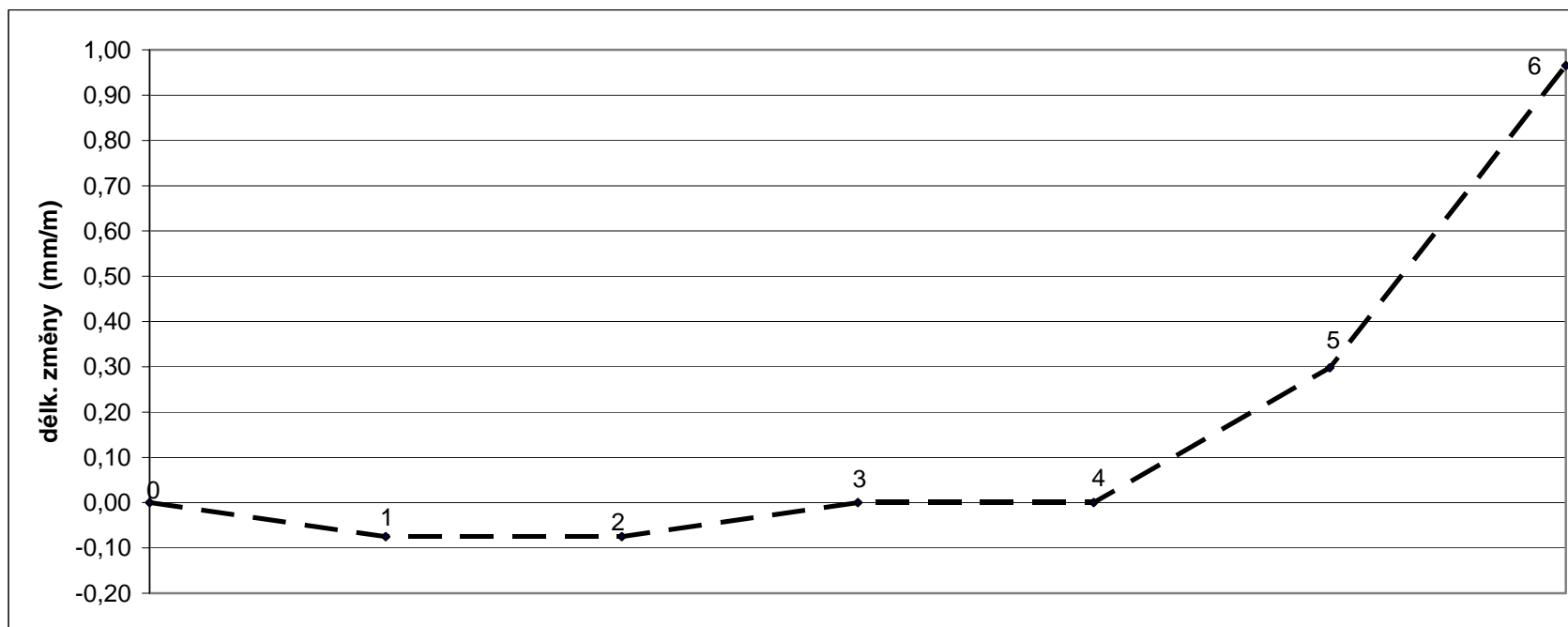
RNDr. Jan Peloušek

Petr Krmíček, Jiří Širný

GRAF 1

VYJÁDŘENÍ DÉLKOVÝCH ZMĚN VÝŘEZŮ Z TVAROVEK CSD HURDIS

Vzorky H1 - H6



Legenda : 1 - venkovní prostředí - relativní vlhkost 75 % (po 48 hodinách)
2 - venkovní prostředí - relativní vlhkost 86 % (po 72 hodinách)
3 - venkovní prostředí - relativní vlhkost 100 % (po 192 hodinách)

4 - po namočení (3 hodiny)
5 - po varu
6 - po autoklávu

GRAF 2

**ZÁVISLOST HODNOT KONTRAKCE NA ČASOVÉM PRŮBĚHU DOZRÁVÁNÍ BETONU
(malta B20 - Hodonín)**