

Československá vědecko-technická společnost
Dům techniky Plzeň
ZP - ČVTS, Stavoprojekt Karlovy Vary
ČSSI - pobočka Karlovy Vary

Konference

**Vliv objemových změn
na návrh a provádění
novodobých staveb**

Karlovy Vary, listopad 1975

Přetvárná interakce měkkých střešních krytin s podkladem

Ing. CSc. Richrad B a r e š

Ústav teoretické a aplikované mechaniky
Československé akademie věd, P r a h a

1) Úvod

K zajištění výborné vodonepropustnosti používá se v posledních letech krytiny z natavitelných izolačních pásů řady druhů a značek (ANTPS, ARABIT, BITAGIT, SKLOBIT, PRAP atd.), lišících se jednak druhem a obsahem asfaltu. Otázku vhodnosti jednotlivých druhů a složení krytiny z hlediska vodonepropustnosti, atmosférické stálosti, životnosti a zpracovatelnosti ponecháme zde stranou; podrobně se jí věnují autority nejpočetnější. Výzkumný ústav pozemní staveb Praha a Ústav priemyslového stavitelstva Košice.

Měkké střešní krytiny jsou však pouze jednou ze součástí střešního pláště, složeného z řady prvků, které s p o l e č n ě mají přinést žádaný efekt: tepelnou a vodotěsnou izolaci nosné konstrukce a vnitřního prostoru dostatečně trvalou. Proto je nezbytné posuzovat také z mechanického, přetvárného hlediska každý jednotlivý prvek, každou vrstvu, v komplexu s ostatními částmi, zabývat se jejich interakcemi a uvažovat celý střešní plášť jako součást konstrukce, kterou kryje. Na důležitosti nabývá takový přístup zejména v poslední době při častějším použití některých novodobých materiálů pro tepelně izolační vrstvy. Jde o složitý kompozitní systém, v němž jen vhodná volba prvků a úprava jejich styků, přihlížející ke všem interakčním možnostem (s ohledem na vlastnosti jednotlivých vrstev) během celého období uvažovaného využití, může poskytnout reálnou naději na úspěšnou realizaci. Izolované posuzování jednotlivých částí střešního pláště nezbytně musí vést ke vzniku poruch a ztrátě zamýšlené funkce pláště jako celku a v řadě případů k tomu bohužel již došlo, s důsledkem velkých finančních ztrát. Účelem této stati je provést stručný rozbor napjatosti a přetváření systému střešního pláště s použitím měkkých střešních krytin a podat základní směrnice pro jeho úspěšný návrh.

2) Vlastnosti měkkých krytin

O způsobu spolupráce jednotlivých částí v kompozitním systému rozhoduje řada fyzikálních veličin. Kromě pevnosti v tahu a soudržnosti mezi jednotlivými vrstvami je důležitý např. modul pružnosti či přetvárnosti, tažnost (mezni přetvoření), průběh pracovního diagramu a součinitel tepelné roztažnosti jednotlivých částí.

Technické podmínky jednotlivých druhů izolačních pásů poskytují jen některé z těchto veličin, jak ukazuje tabulka 1. V praxi se obvykle aplikují vodotěsné pásy ve třech, kolmo na sebe kladených vrstvách. Vlastnosti takového systému, složeného ze dvou vrstev s textilní netkanou vložkou a s jednou vrstvou se skelnou posukovanou rohoží (označení A), příp. s jednou vrstvou se sklenou tkaninou, jednou vrstvou s textilní netkanou vložkou a jednou vrstvou se skelnou posukovanou rohoží (označení B) jsou podle autorova vyšetřování v tabulce 2. Pracovní diagramy takových systémů jsou znázorněny na obrázku 1.

3) Střešní plášť jako celek

Přetvárné a fyzikální vlastnosti vodoizolačních vrstev a podkladu jsou značně rozdílné a v důsledku objemových změn jednotlivých částí systému vznikají v něm značná napětí, jež mohou vést až k lokálním nebo celkovým poruchám střešního pláště. Úplné nepřipojení vodoizolačních pásů k podkladu by umožnilo zcela nezávislou činnost obou vrstev, krycí a podkladní a s velkou pravděpodobností (bez ohledu na velikost dilatačních polí cementového potěru a účinnosti jeho spojení se spodními vrstvami) by zabránilo vzniku škodlivých napětí v kterékoli části systému a vzniku poruch. Naneštěstí z řady jiných důvodů (vrátnění vrstev vlivem spádu, poruchy vzniklé ssáním větru atd.) není takové uspořádání možné a je třeba spojení obou vrstev tak či onak zajistit. Na druhé straně dokonalé přilepení vodoizolačních pásů k cementovému potěru v celé ploše, pokud cementový potěr je spojen dobře s podkla-

dan a je v malých dilatačních celcích, by zajistilo účinnou spolupráci obou vrstev a omezilo vznik peruch na minimum. Ve skutečnosti ani tento případ není pro praxi typický.

Jestliže tepelná izolace je vytvořena tužší vrstvou (např. lehkým betonem), spojenou pevně s konstrukcí, rozdělí se deformace krytiny (např. vlivem změny teploty) v důsledku působení (odporu) konstrukce proti přetváření jejího podkladu po délce dilatačních polí rovnoměrně, změna ^{tloušťky} šířky dilatačních spar podkladu je nepatrná a nedochází nad nimi ke škodlivým koncentracím napětí v krytině. Rozhodující je v tomto případě smykové napětí v kontaktní spáře krytiny a podkladu a může vést v některých případech i k porušení kontaktu a oddělení obou vrstev. Poté následují poruchy typické pro krytinu nepřipojenou k podkladu. Odstranění tohoto nebezpečí přináší použití snadno deformovatelných přenosových (transponentních) systémů, jako jsou např. děrované lepenky, trvale pružné (nebo tvárné) spojovací tmely a pod. Pokud by se zachoval vhodný výrobní postup a ošetření lehkého betonu a cementového potěru, zajišťující dobré spojení obou vrstev mezi sebou i s konstrukcí, nebylo by potom nutno dilatační spáry v podkladu vůbec provádět.

Moderní tepelně-izolační materiály, jako je např. pěněný polystyren, pěněný PVC apod., které se kladou na sucho na konstrukci a nejsou s ní nijak spojeny, přinášejí zcela novou konstrukci střešního pláště: vodoizolační vrstva s cementovým potěrem, na který je kladena, je zcela oddělena od ostatních vrstev střešního pláště a od konstrukce, vytváří se tzv. plovoucí vodoizolační systém. Uložení tohoto typu umožňuje poměrně snadné deformování vodoizolačního systému (do kterého zde bereme i cementový potěr) bez závislosti na dilatacích konstrukce, resp. tepelně izolačních vrstev. Cementový potěr (podklad) může relativně rychle reagovat na teploty a při dokonalém připojení krytiny na podklad může v ní dojít ke vzniku značných napětí nad dilatačními sparami podkladu (jež jsou při tomto uspořádání nezbytné), jako důsledek lineárních teplotních změn podkladu i krytiny při kompozitním působení systému, přizpůsobujícího se změnám teploty společně.

Tabulka 1.

Označení (výrobce)	Druh vločky	Pevnost v tahu		Mezní přetvoření		Součinitel teplotní rotažnosti (+5 - +60°C)
		v podl. směru	v příč. směru	v pod. směru	v příč. směru	
ARABIT S (Izol.zá- vody Brno)	netkaná textilie	17,5	10	17-50	30-60	$54 \cdot 10^{-5}$
ANTPS - ARABIT (stav. izolace Praha)	"	15	7,5	17-50	30-60	$54 \cdot 10^{-5}$
ASTPS - SKLOBIT A (Dechto- chema Praha, JCP Štárovo)	skelná tkanina	25	10	cca 20	cca 40	$54 \cdot 10^{-5}$
BITAGIT S BITAGIT E (Dechto- chema, Svoboda n.Ú)	skelná rohož posuko- vaná	12,5	9	2 - 5	2 - 5	$54 \cdot 10^{-5}$
PRAPS	skelná rohož	20	8	n e u d á n o		

Tabulka 2.

Systém	Pevnost v tahu	Přetvoření		Modul pružnosti při $\epsilon =$ $= 6 \text{ kp/cm}^2$	Modul přetvár- nosti při pře- tvoření		
		při vzni- ku prvních trhlin	mezní		5%	10%	15%
A	11,01	0,0345	0,220	309	202	106	71
B	12,09	0,0233	0,284	462	207	125	86

4) Napjatost střešního pláště

4.1. Tuhý podklad spojený s konstrukcí

V důsledku nejstejných součinitelů teplotní roztažnosti vodotěsného pláště a podkladu, jakož i teplotního spádu a tedy odlišné teploty obou vrstev, dochází za předpokladu dokonalého spojení (přilepení) pláště a podkladu k namáhání ve smyku, které je po celé ploše stejné a mění se pouze ukončením některé z vrstev. U každé dilatační spáry cementového potěru tedy dochází ke koncentraci smykových napětí (okrajový efekt) podle obrázku č. 2 a každá dilatační spára se tak z tohoto hlediska stává potenciálním zdrojem poruch porušením soudržnosti. Důležitým vodítkem je hodnota smykového napětí, které může být v kontaktní spáře vodotěsné izolace a podkladního cementového potěru dosaženo v rozmezí v praxi vznikajících teplot.

Součinitel teplotní roztažnosti asfaltových pásů bude s ohledem na procentuelní zastoupení asfaltového pojiva a výztuže dán převážně pojívem. Jestliže se součinitel teplotní roztažnosti asfaltu udává v rozmezí 65 až $67 \cdot 10^{-5}$ pro rozsah teplot 20° až 60°C , lze tento součinitel u izolačních pásů na základě objemového zastoupení jednotlivých fází v soustavě předpokládat cca o 20 % menší. To souhlasí i s údaji technických podmínek pro tyto izolační pásy o "smrštění při ochlazení o 55°C (ze 60° na 5°C)", jež má být nejvýše 3 %; podle toho $\alpha_K = 0,03/55 = 54,6 \cdot 10^{-5}$. V dalším je tedy možno uvažovat hodnotu $\alpha_K = 54 \cdot 10^{-5}$. Součinitel teplotní roztažnosti cementového betonu je $\alpha_b = 1,2 \cdot 10^{-5}$. Graficky jsou znázorněny součinitele teplotní roztažnosti použitých materiálů v obr. 3.

Pro ochlazení z teploty 60°C na 15°C (náhlý déšť) lze s pomínutím jisté tepelné setrvačnosti systému a za příznivého předpokladu stejného ochlazení podkladního cementového potěru předpokládat na styku pláště a potěru poměrnou deformaci

$$\Delta \varepsilon = (54 - 1,2) \cdot 10^{-5} \cdot 45 = 0,0237$$

která by vyvolala při smykovém modulu přetvárnosti (dlouhodobém) krytiny

$$G = \frac{E}{2(1+\mu)} = \frac{202}{2(1+0,5)} = 67 \text{ kp/cm}^2$$

smykové napětí

$$\sigma = 0,0237 \cdot 67 = 1,6 \text{ kp/cm}^2.$$

Při extrapolaci krátkodobého modulu pružnosti do vznikajících deformací pro extrémně rychlou změnu teploty vyšlo by ve spáře napětí

$$\sigma_{\text{ext.}} = 0,0237 \cdot \frac{300}{2(1+0,4)} = 2,5 \text{ kp/cm}^2.$$

Hodnota průměrného smykového napětí se - jak již bylo poznamenáno - zvýší na okraji dilatačního dílu a to zhruba na dvojnásobek (obr.2.). Pevnost v soudržnosti (ve smyku) mezi krytinou a podkladem ani při dobře provedeném připojení nedosáhne obvykle těchto hodnot a došlo by k oddělení krytiny od podkladu. Za běžných podmínek provozu by k porušení kontaktní spáry však tímto napětím nemělo dojít.

Krytina sama, protože se nemůže přetvářet při změně teploty tak, jak odpovídá jejím vlastnostem, je namáhána tahem (při ochlazení) nebo tlakem (při ohřátí). Hodnota tohoto napětí může dosáhnout krátkodobě nejvýše (při prudkém ochlazení o 45°C) cca

$$\sigma = 0,0237 \cdot 300 = 7,11 \text{ kp/cm}^2,$$

což je hodnota ještě menší než je pevnost krytiny.

Jiná situace vznikne, je-li podkladní beton dilatován. Jestliže opět předpokládáme dokonalé přilepení krytiny k podkladu (a spojení podkladu s konstrukcí) a dilatační spáru šířky 2 cm, přistoupí k napětí $7,11 \text{ kp/cm}^2$ ještě napětí, způsobené zvětšením (zmenšením) dilatační spáry (při horním povrchu) v důsledku lineární teplotní změny dilatačního dílu. Na každý metr délky dilatačního dílu připadne, jestliže uvažujeme s ohledem na spojení podkladu s konstrukcí změnu teploty pouze o 10°C , napětí krytiny nad dilatací

$$\sigma = 1/2 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 10 \cdot 100 \cdot 202 = 1,2 \text{ kp/cm}^2,$$

takže pro větší dilatační díly (nad 3,5 m) by již celkové napětí přestoupilo pevnost krytiny. Na štěstí vznik vysokých napětí (případně přestoupení pevnosti) v soudržnosti na konci dilatač-

ních dílů (a smykový creep nebo porušení) z větší část krytiny, která se zúčastní přenášení posledně zmíněného účinku a prudce redukuje napětí tím vzniklá. Výsledkem je, že u systémů tohoto druhu dojde k jistému vyrovnání napětí částečným oddělením krytiny od podkladu (což navenek se nijak neprojeví) a střešní systém pracuje jako celek dále úspěšně bez ohledu na velikost dilatačních polí.

Záměrné zajištění stejného stavu, který si vytvoří systém v čase, přinese připojení střešní krytiny prostřednictvím děrované lepenky (Perbitagit), kde jednotlivé spojovací můstky asfaltové hmoty jsou natolik ohebné, že dovolují bez většího namáhání jak pláště tak podkladu vzájemně značně odlišné dilatační pohyby obou částí. Kromě toho děrovaná lepenka významně přispívá k odvětrání celého systému právě v místech nepotřebnějších.

4.2. Tuhý podklad nespojený s konstrukcí (plovoucí)

Při použití tepelné izolace ve formě desek ukládaných na sucho na konstrukci (nebo na spádový beton) je cementový potěr jako tuhý podklad nespojen s konstrukcí a jeho dilatační pohyby jsou umožněny bez většího odporu (z toho "plovoucí" podklad).

4.2.1. Napětí ve smyku

Napětí ve smyku v důsledku nestejných součinitelů teplotní roztažnosti vodoizolačního pláště a podkladu, jakož i teplotního spádu, a tedy odlišné teploty obou vrstev, za předpokladu úplného připojení pláště k podkladu, je stejné jako v předchozím případě. Za běžných podmínek provozu by nemělo toto napětí být příčinou porušení kontaktní spáry, kdyby připojení bylo provedeno dokonale.

4.2.2. Namáhání nad dilatační spárou

Podívejme se, k jakým napětím (nebo přetvořením) dojde nad dilatační spárou (které, na rozdíl od prvního systému tuhého podkladu spojeného s konstrukcí, jsou v tomto systému nezbytné). Za předpokladu dokonalého přilepení krytiny k podkladu lze pokládat opět za oprávněný předpoklad, že krytina s podstat-

ně menším modulem pružnosti bude v podstatě sledovat lineární teplotní deformace podkladu. Deformace každého dilatačního pole podkladu by musela přenést opět část volné krytiny nad dilatační spárou v délce rovné šířce spáry, tj. např. 2 cm (obr. 4). Vezme-li se v tomto případě v úvahu změna (snížení) teploty o 30°C , dosáhla by poměrná přetvoření v závislosti na délce dilatačního pole hodnot podle obr. 5. Je vidět, že již při délce pole něco přes 1 m vznikají přetvoření převyšující kritická přetvoření při vzniku prvních trhlin krytiny.

4.2.3. Napětí v ohybu

V případě dokonalého spojení krytiny s cementovým potěrem, je cementový potěr v důsledku nestejných tepelných dilatací namáhán smykovým tokem na horní styčné ploše. Toto namáhání způsobuje konkávní nebo konvexní zakřivení cementového potěru v délce dilatačního pole (obr. 6). Za oprávněného předpokladu, že k zakřivení dochází podle kruhového oblouku, zůstává jednou neznámou, potřebnou k výpočtení svislých deformací buď středu dilatačního pole cementového potěru (konkávní zakřivení při zahřátí) nebo jeho okrajů (konvexní zakřivení při ochlazení), účinnost přenosu napětí (nebo deformací) kontaktní spárou. Objektivně nelze toto účinnost žádným způsobem určit, neboť je funkcí nejen mechanických, přetvárných a reologických parametrů obou sousedních materiálů, ale i teplotního spádu, rychlosti změny teploty, vlastní tíhy a dále ve značné míře i kvality provedení a druhu použitých hmot.

Pro účely přibližného výpočtu svislých deformací, vznikajících zakřivením, předpokládáme: tloušťka vodoizolačního pláště $t_1 = 1,2$ cm, tloušťka cementového potěru $t_2 = 4$ cm, modul přetvárnosti cementového potěru $E = 50\,000$ kp/cm², odpovídající modul ve smyku $G = 20\,000$ kp/cm² (při Poissonovu součiniteli 0,25), poměrné deformace na styku se redukují v poměru smykových modulů pružnosti obou materiálů. Poměrné zkrácení (nebo prodloužení) horního povrchu cementového potěru se podle toho může pohybovat v mezích

$$\frac{20}{20\ 000} \cdot 0,237 = 0,0237 \cdot 10^{-5} \leq \varepsilon \leq \frac{143}{20\ 000} \cdot 0,0237 = 0,0169 \cdot 10^{-2}$$

Menšímu, avšak reálnějšímu přetvoření odpovídají svislé deformace y podle obr. 7 v závislosti na délce pole.

Při oteplení dochází ke konkávnímu zakřivení polí cementového potěru; vznik poruch krytiny v důsledku tohoto zakřivení je prakticky vyloučen (obr.8). Při ochlazení naproti tomu dochází ke konvexnímu zakřivení, v jehož důsledku se miskovitě zdvihnou konce dilatačního pole a uvedenou hodnotu (obr.9). Délka pole má v tomto případě velký vliv na velikost svislých posuvů (viz obr.7). K takovému zakřivení nadto dochází tehdy, kdy je současně v důsledku nízké teploty modul přetvárnosti vyšší a vazké tečení minimální; napětí (resp. deformaci) vznikající nad dilatační spárou při uvažované náhlé změně křivosti pole lze přibližně stanovit za předpokladu, že deformační oblouk je kruhový, o stejném středovém úhlu jako u polí; jeho poloměr (poloměr křivosti) je pak úměrný poměru délky pole k šířce spáry. Pro výpočet byla předpokládána šířka oblouku nad spárou 5 cm. Jednoduchým postupem lze stanovit, že napětí krytiny nad spárou dosáhne z důvodů zakřivení hodnoty cca 1 kp/cm^2 .

4.2.4. Vyplnění spár asfaltem

V některých případech se setkáváme s tím, že dilatační spáry cementového potěru jsou před položením vodoizolačního pláště vyplněny asfaltem. To ale může silně změnit možné stavy napjatosti ve střešním systému.

4.2.4.1. Vliv změny objemu zálivky na vodoizolační plášť

Asfalt, který zaplňuje dilatační spáry, podléhá rovněž vlastním objemovým změnám při změnách teploty. Kromě toho je střídavě stlačován a roztahován teplotními dilatacemi cementového potěru (obr. 10). Např. zvýšení teploty o 30°C odpovídá lineární změna každého metru délky pole podkladu

$$\Delta l = 30 \cdot 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 100 = 0,036 \text{ cm/m.}$$

Objem asfaltu ve spáře na 1 cm délky je uvažován hodnotou

$$4 \cdot 2 \cdot 1 = 8 \text{ cm}^3;$$

příslušným zvýšením teploty by se jeho lineární rozměry změnily, takže nový celkový objem by byl

$$4,072 \cdot 2,036 \cdot 1,018 = 8,45 \text{ cm}^3.$$

Protože deformace asfaltu mohou převážně směřovat jen směrem vzhůru (proti relativně poddajné krytině), vytvoří se nad spárou asfaltový návalek; za předpokladu kruhového okraje návalku bude jeho největší výška (viz obr.10)

$$v = \left[\frac{8,45}{(2 - \Delta l) \cdot 1,0} - 4,0 \right] \cdot \frac{1}{2}$$

Obr. 11 ukazuje změnu výšky návalku s délkou dilatačního pole. Střešní krytina musí tento návalek sledovat. Při ochlazení na původní teplotu však asfaltový návalek zcela nezmizí, při smrštění cementového potěru dojde k jeho utržení od zálivky (vlivem zkrěhnutí a malé soudržnosti v tahu) a krytina je namáhána přes návalek chybem (obr.12).

Za předpokladu vetknutí krytiny na rozpětí 5 cm, zatížení jedním osamělým břemenem uprostřed tohoto rozpětí, při tloušťce krytiny 1,2 cm a uvažuje-li se výška návalku pouze 1/3 výše vypočtené hodnoty (obr.13), vychází poměrné deformace horního povrchu krytiny uprostřed spáry a spodního povrchu v okolí okraje spáry podle obr. 14 v závislosti na délce pole. Je vidět, že za uvedených předpokladů dojde vždy k porušení trhlinami nad asfaltovým návalkem, ať je délka pole jakkoli krátká. Již samo vytvoření návalku v důsledku zvětšení vlastního objemu asfaltu ve spáře (bez ovlivnění délkových dilatací podkladu) by způsobilo poměrné přetvoření na úrovni možných přetvoření použitých materiálů.

4.2.4.2. Vliv připojení krytiny pouze k zálivce

Jestliže připojení krytiny v celé ploše je nedokonalé (jak je v praxi obvyklé) a jsou-li vyplněny spáry asfaltem, dojde ke zdaleka nejdokonalejšímu připojení krytiny právě v těchto místech, v místech dilatací. Při snížení teploty je krytina mezi dilatacemi namáhána tahem, rovnoměrně rozloženým po

výšce průřezu v celém dilatačním poli. Při pozvolném snížení teploty o 30°C je toto napětí (s použitím modulu přetvárnosti 60 kp/cm^2) cca 1 kp/cm^2 , při prudkém tepelném šoku (s modulem pružnosti krytiny 400 kp/cm^2) dosahuje hodnoty $6,5 \text{ kp/cm}^2$. Nejnepříznivější se přirozeně projeví toto napětí v místech s další napjatostí např. u dilatačních spár.

4.3. Namáhání vodoizolačního pláště při nepřipojení k plovoucímu podkladu v okolí spáry a ve spáře

Jestliže by bylo zajištěno, aby vodoizolační plášť nebyl připojen trvale ve spáře a jejím okolí, např. pryžovou podložkou, byla by vzniklá přetvoření od popsaných vlivů podstatně menší (i kdyby spáry byly vyplněny asfaltem). Šířka podložky zajišťující při namáhání přípustné přetvoření vodoizolačního pláště je ovšem závislá na velikosti dilatačních polí podkladu.

Jestliže by nebyl vodoizolační plášť připojen k podkladu nad jeho dilatací v šířce 30 cm , vznikla by na každý běžný metr podkladu tato přetvoření při změně teploty o 30°C , v důsledku lineárních změn podkladu při úplném přilepení krytiny v ostatní ploše

$$\varepsilon = 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 30 \cdot 100 \cdot \frac{1}{30} = 1,2 \cdot 10^{-3} / \text{m}'$$

v důsledku zakřivení

$$\varepsilon = 1,6 \cdot 10^{-3} / \text{m}'$$

dohromady

$$\varepsilon = 2,8 \cdot 10^{-3} / \text{m}'$$

Jestliže by byla spára zaplněna asfaltem, přišlo by navíc přetvoření od asfaltového návalku

$$\varepsilon = 2,4 \cdot 10^{-3} / \text{m}'$$

což spolu s předchozí hodnotou činí

$$\varepsilon = 5,2 \cdot 10^{-3} / \text{m}'$$

Z obrázku 15 je vidět změnu poměrných přetvoření s délkou dilatačních polí v obou případech ve srovnání s mezním přetvořením krytiny při vzniku trhlin.

5) Souhrn a zásady správného návrhu

Předchozí úvahy vycházejí z poměrně velkých teplotních rozdílů. V praxi může k takovým velkým rozdílům skutečně dojít u systémů s plovoucím podkladem a účinným tepelně izolačním systémem jako důsledek malé teplotní kapacity a tím malé akumulace a nepatrného odvodu (a přestupu) tepla.

I když postavené předpoklady nejsou přirozeně v praxi zcela a vždy splněny a systém si různým způsobem pomáhá (redistribucí napětí z míst více napjatých do míst méně napjatých, jakož i relaxací napětí), dokládají horní úvahy dostatečně, že napjatost krytiny nad spárami podkladu je značná, podstatně nepříznivější než v kterémkoli místě střešního pláště a tato místa jsou nej náchylnější k poruchám. Tyto poruchy mohou nejnázorněji vznikat v zimním období (většinou jako následek změn nastalých v letním období); vznikly by i při menší tloušťce krytiny než uvažovaných 1,2 cm a jsou důsledkem kombinovaného účinku tahového a ohybového namáhání.

Na obr. 16 jsou charakteristické ukázky poruch tohoto druhu u střešního systému, kde střešní plášť byl složen takto: konstrukce, spádový beton, parotěsná zábrana, pěnový polystyrén 6,5 cm (s odvětrávacími komínky, uloženými na horní ploše polystyrénu), heraklit 5 cm, lepenka A 400 na sucho, cementový potěr 3 cm, dvakrát Arabit, jedenkrát Bitagit, dvakrát Rubol.

Rozbor jednotlivých příčin vzniku poruch a jejich lokalizace dává solidní předpoklad ke stanovení zásad správného návrhu střešního pláště z měkkých střešních krytin a k vyvarování se neúspěšné aplikace.

Při provedení vodotěsné izolace na tuhý podklad, pevně spojený s konstrukcí (lehký beton a pod.), je třeba zajistit především dobré spojení izolace s podkladem v celé ploše. Výhodnější (s menší citlivostí na kvalitu provádění) je užití k připojení transponentní vrstvy, vytvořené děrovanou lepenkou.

Při užití nových materiálů pro tepelnou izolaci (ukládáných ve formě desek na sucho) a vytvoření plovoucího podkladu vodotěs-

ného pláště je třeba zajistit především:

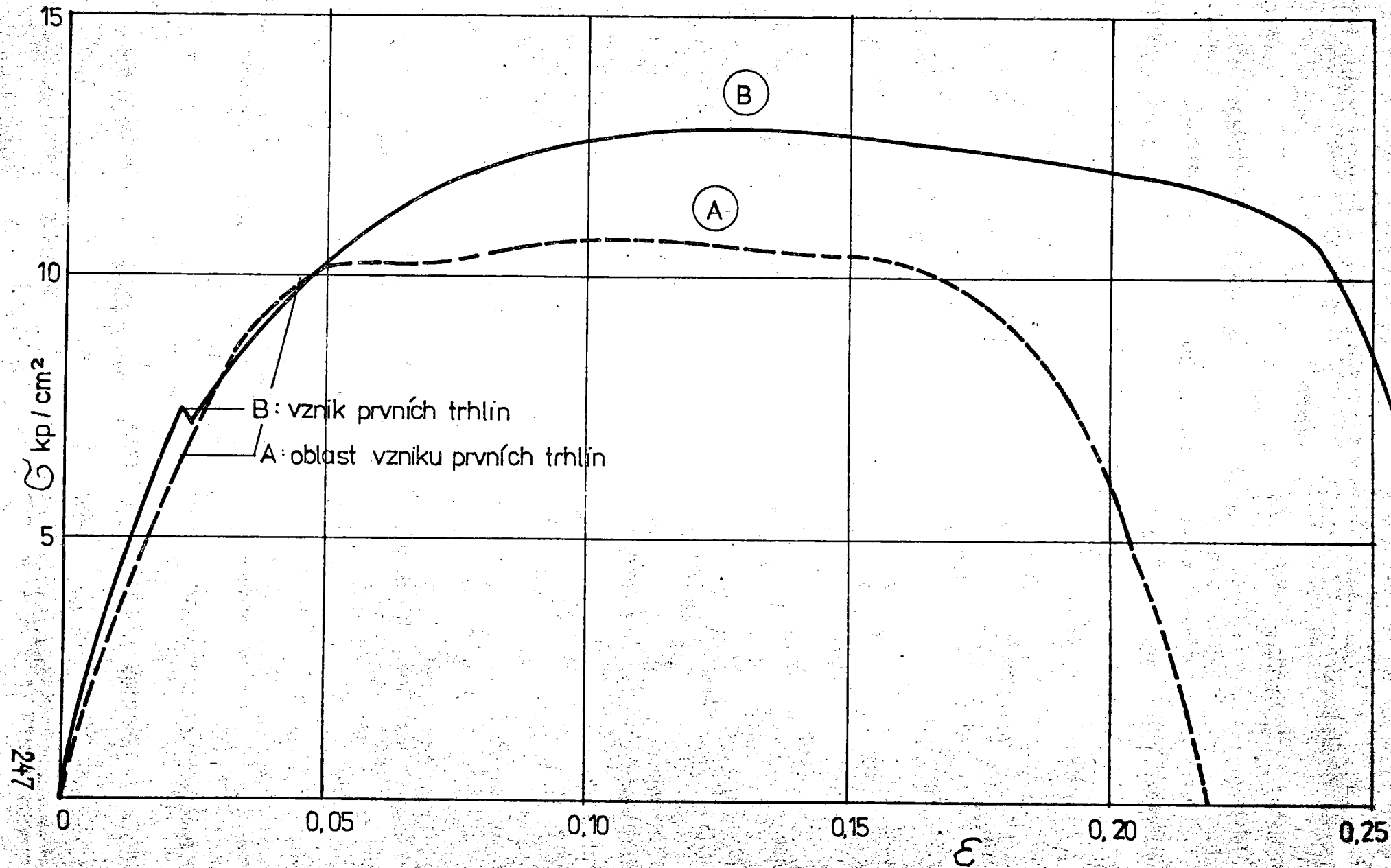
- účinné odvětrání celého systému tepelné izolace po celé jeho výšce
- nevypínování dilatačních spár podkladu asfaltem nebo jinou hmotou
- zajištění připojení vodoizolačního pláště k podkladu prostřednictvím transportní vrstvy, vytvořené buď děrovanou lepenkou (s flexibilními masticami připojovacího asfaltu) nebo trvale pružné nebo tvárné hmoty s dostatečnou soudržností s izolačními pásy i betonovým podkladem.
- překrytí dilatačních spár vložkou, zajišťující trvalé nepřipojení vodotěsných pásů k podkladu, o šířce závislé na velikosti dilatačních polí podkladu
- podle možnosti použití pro vrchní vrstvu vodotěsného systému pásů s co nejvyšším mezním přetvořením (táhností).

Netřeba jistě připomínat, že provádění vodoizolačního pláště mělo by následovat co nejdříve na dohotovený a vyschlý podklad a položení jednotlivých vrstev mělo by následovat bezprostředně za sebou, aby možnost zabudování vlhkosti do střešního systému (jež je dalším zdrojem častých poruch) byla minimální. Rovněž okamžité opatření povrchu pláště antireflexním nátěrem účinně snižuje namáhání celého střešního systému a mělo by být samozřejmostí.

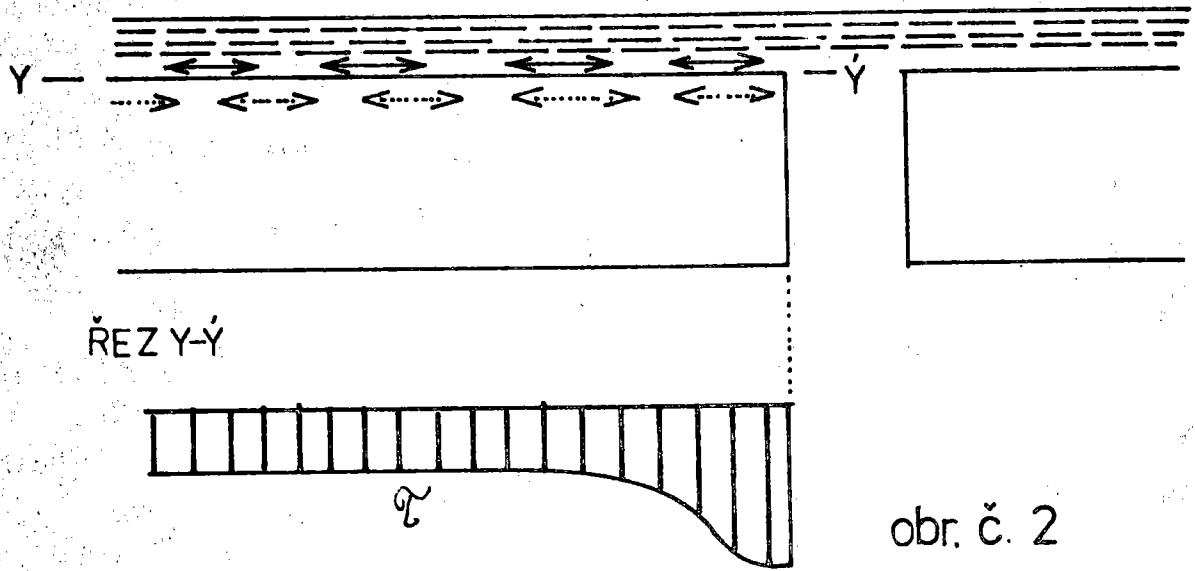
Texty k obrázkům

- Obr. 1 : Pracovní diagram systému vodoizolačního pláště
A-složeného ze dvou vrstev s textilní netkanou vložkou² jedné vrstvy se skelnou posukovanou rohoží
B-složeného z jedné vrstvy se skelnou tkaninou, jedné vrstvy s textilní netkanou vložkou a jedné vrstvy se skelnou posukovanou rohoží
- Obr. 2 : Průběh smykových napětí na styku cementového potěru a vodotěsné izolace při změně teploty
- Obr. 3 : Srovnání součinitelů teplotní roztažnosti použitých materiálů
- Obr. 4 : Namáhání vodotěsné izolace prostým tahem nad dilatační spárou podkladu od snížení teploty, jestliže je tato izolace plně připojena k podkladu a jeho spáry nejsou vyplněny
- Obr. 5 : Změna poměrného přetvoření vodotěsné izolace nad dilatační spárou podkladu při změně teploty (plné připojení, spára bez zářivky)
- Obr. 6 : Zakřivení dilatačních polí cementového potěru při změnách teploty
- Obr. 7 : Změna svislé deformace dilatačních polí podkladního betonu v závislosti na úhlu dilatačního pole při ochlazení krytiny
- Obr. 8 : Možné poruchy středního pláště v důsledku spolupráce jednotlivých součástí kompozitního systému krytiny při jejím oteplení. (Odtržení asfaltové zářivky od betonu, trhliny na spodním líci vodotěsné izolace na okraji spáry, smykové trhliny, příp. oddělení jednotlivých vodoizolačních vrstev spárou, zvrásnění povrchu.)
- Obr. 9 : Možné poruchy středního pláště v důsledku spolupráce jednotlivých součástí kompozitního systému krytiny při jejím ochlazení. (Odtržení asfaltové zářivky od betonu, trhliny na horním líci vodotěsné izolace uprostřed nad dilatačními spárami betonu, smykové trhliny, příp. oddělení jednotlivých vodoizolačních vrstev.)
- Obr. 10 : Objemové změny asfaltové zářivky při změnách teploty krytiny.

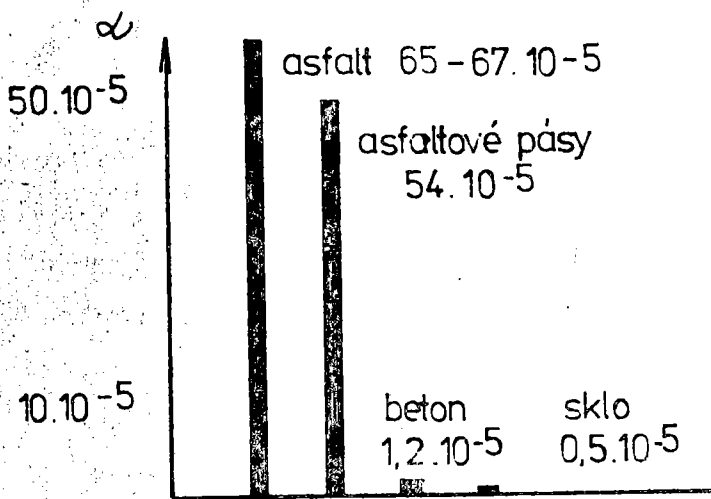
- a - odtržení zálivky od cementového potěru při ochlazení
 - b - vytlačení zálivky při ohřátí
 - c - sumární rozměrová změna zálivky
 - a - vytvoření asfaltového návalku nadspárou
- Obr. 11 : Změna výšky návalku s délkou dilatačního pole
- Obr. 12 : Vznik poruch nad asfaltovou výplní dilatačních spár podkladu při ochlazení krytiny
- a - stav při zahřátí
 - b - stav při ochlazení po předchozím zahřátí
- Obr. 13 : Výpočtové schéma namáhání vodotěsné izolace ohybem nad asfaltovým návalkem v dilatační spáře podkladu
- Obr. 14 : Poměrné přetvoření horního líce krytiny nad asfaltovým návalkem v závislosti na délce dilatačního pole podkladu
- Obr. 15 : Změna poměrného přetvoření s délkou dilatačních polí při překrytí dilatace v šířce 30 cm
- a - bez vyplnění spár asfaltem
 - b - s vyplněním spár asfaltem
- Obr. 16 : Charakteristické ukázky poruch měkké střešní krytiny nad dilatací vyplněnou asfaltem



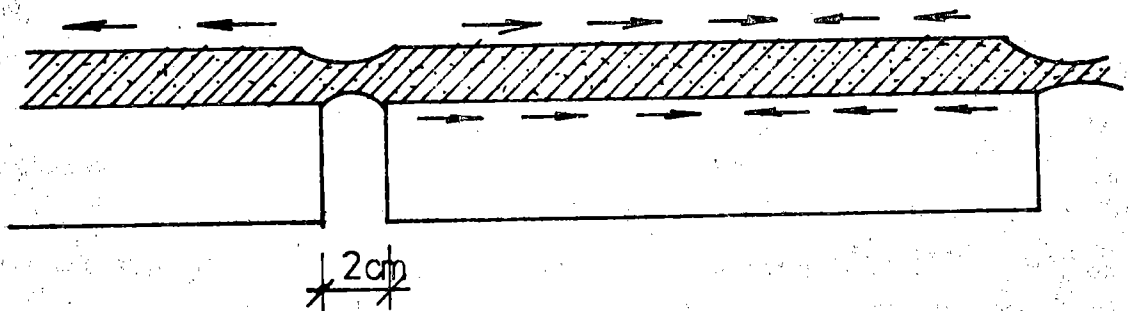
obr. č. 1



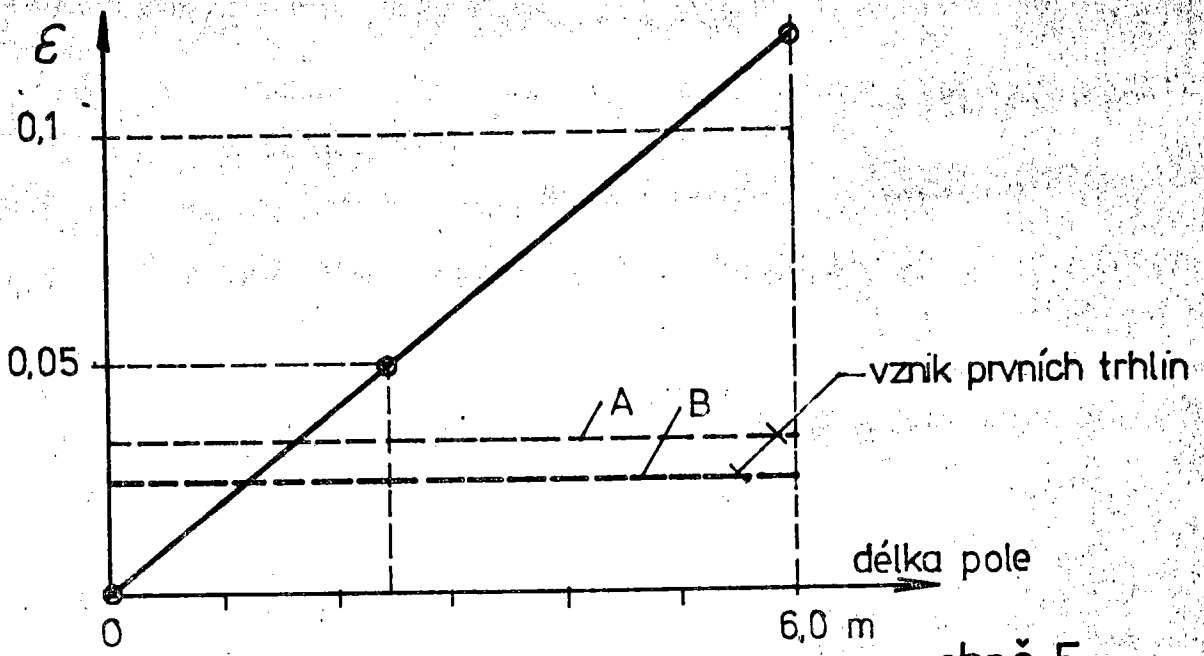
obr. č. 2



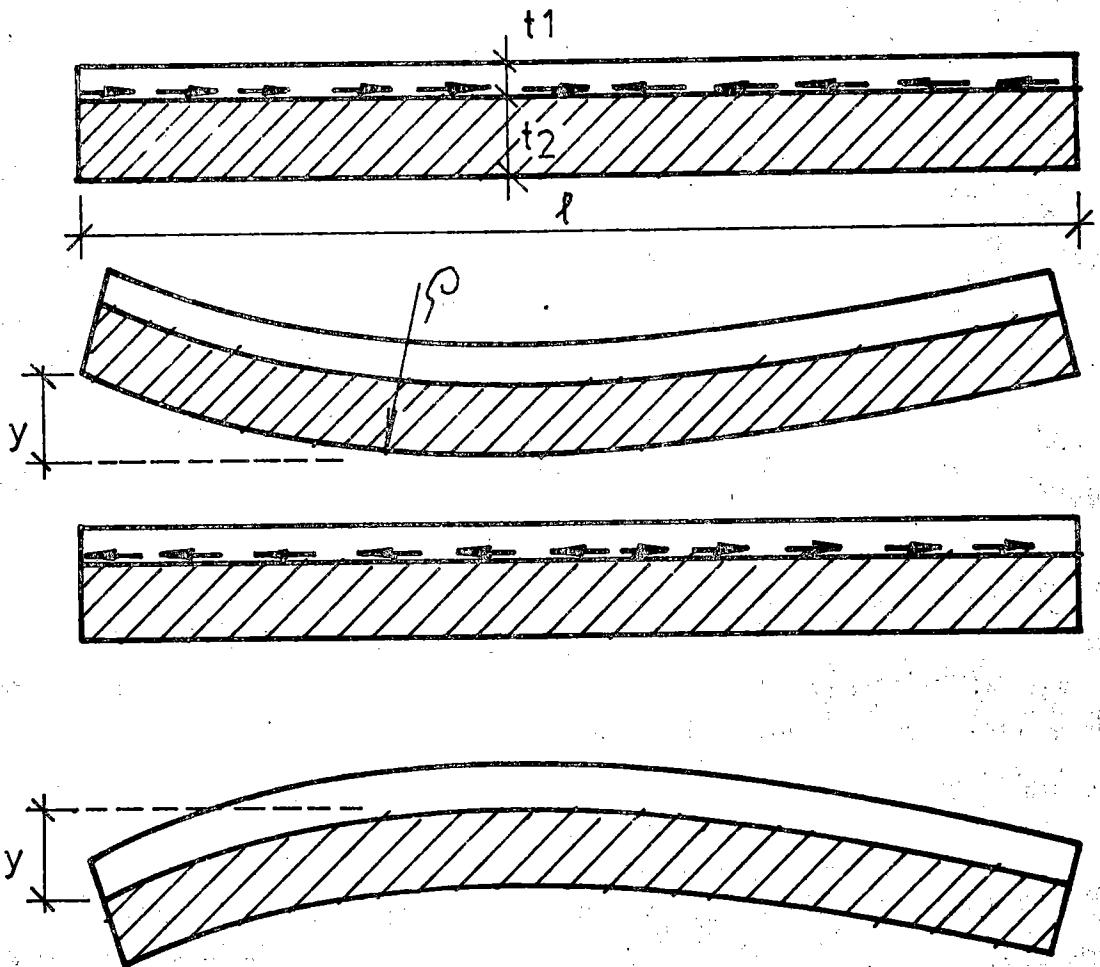
obr. č. 3



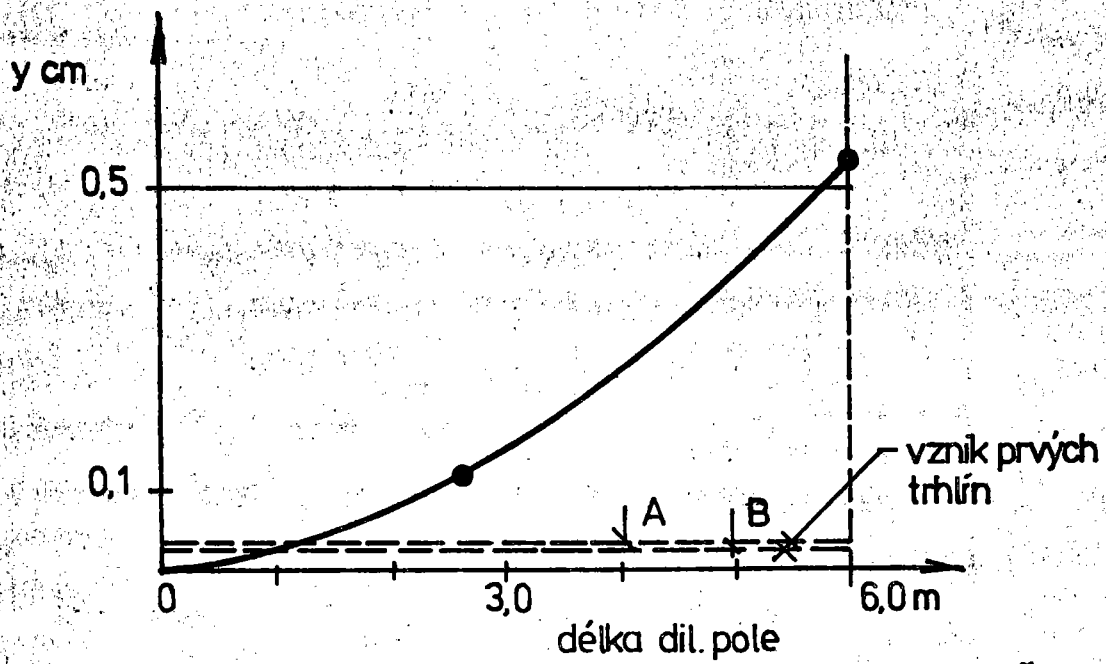
obr. č. 4



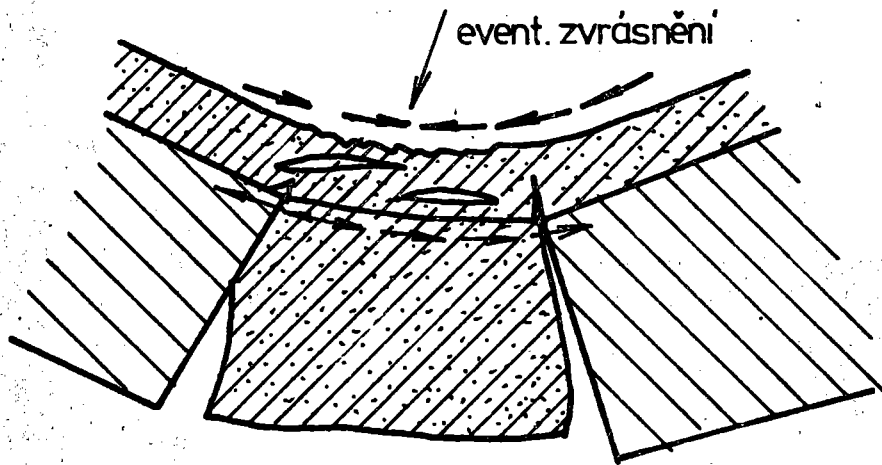
obr. č. 5



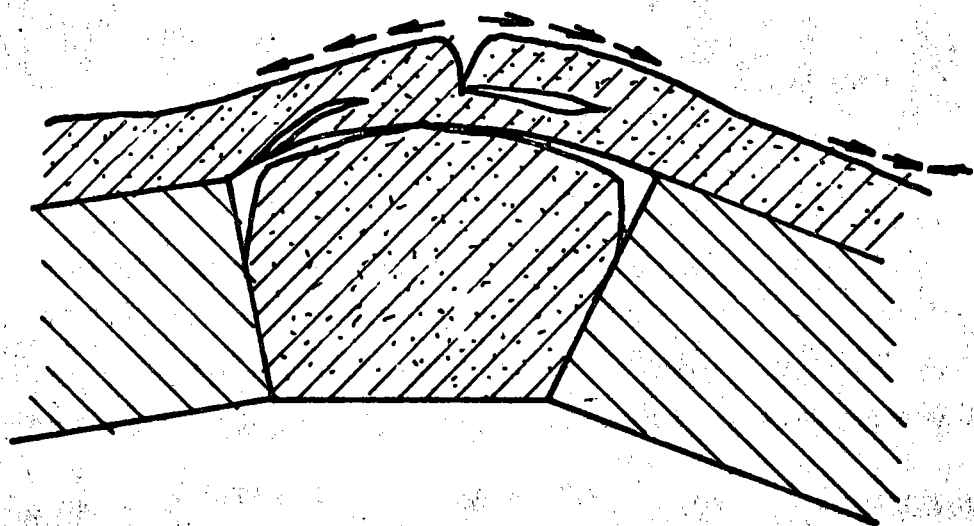
obr. č. 6



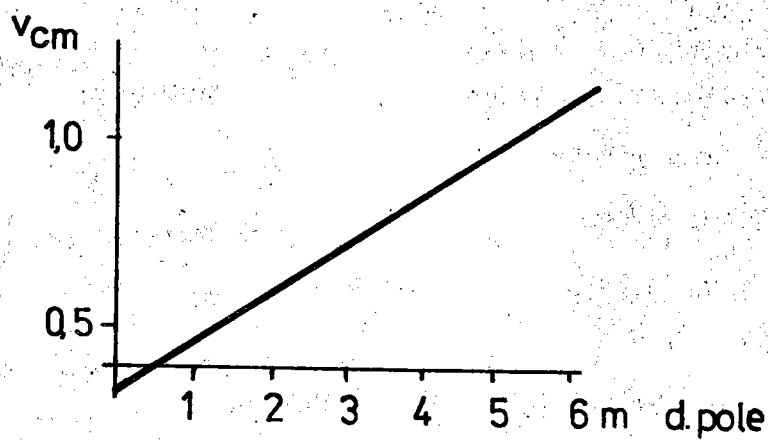
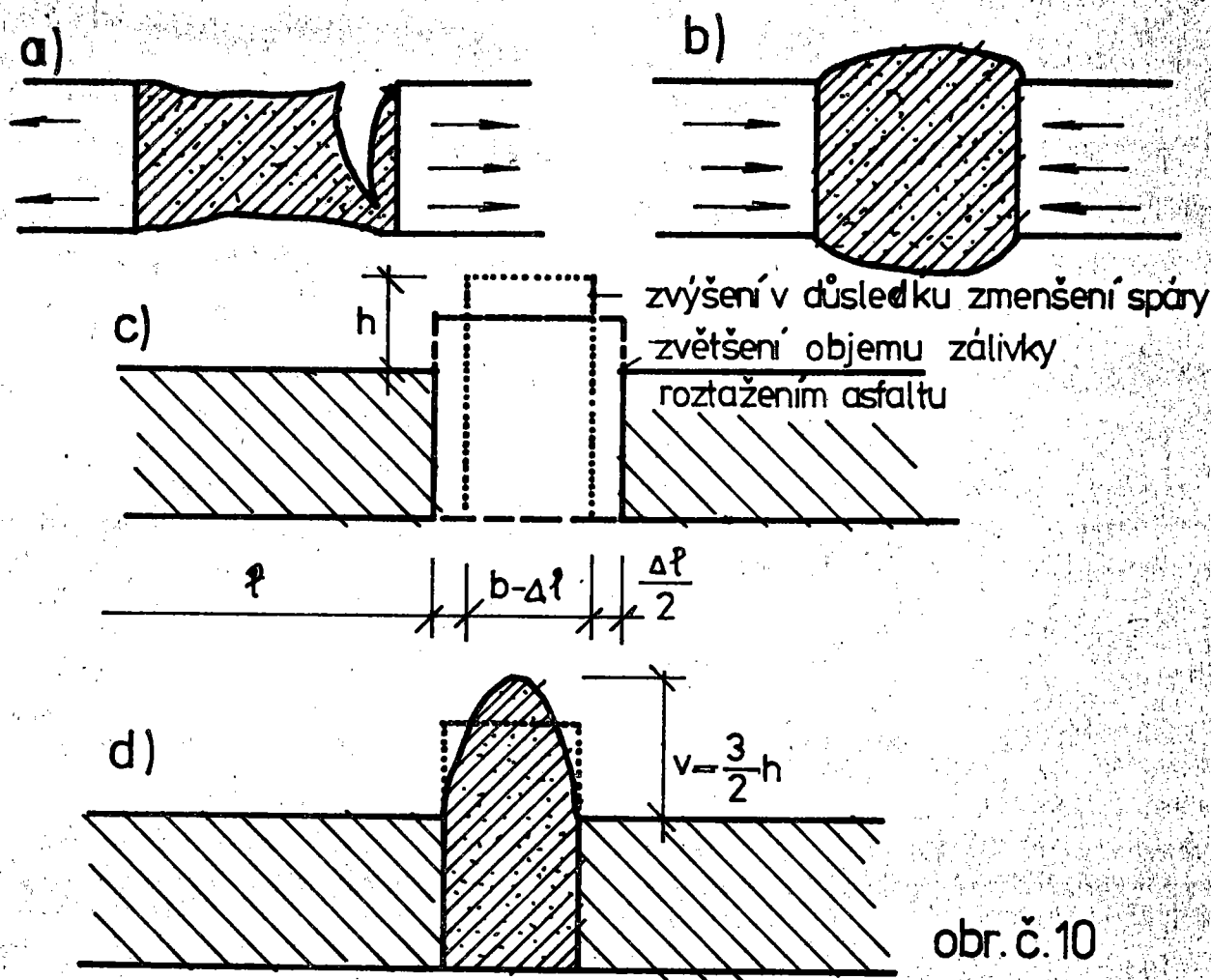
obr. č. 7



obr. č. 8

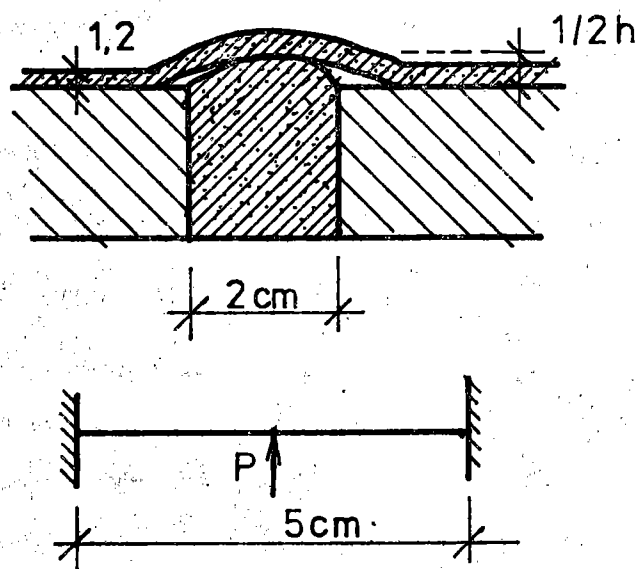
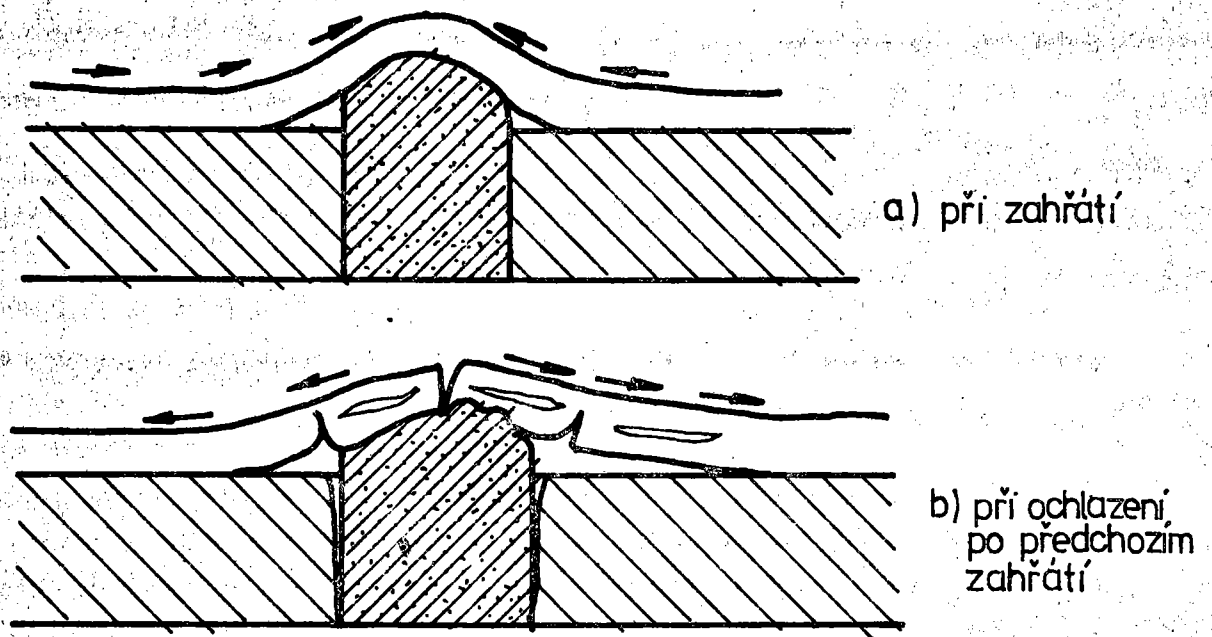


obr. č. 9

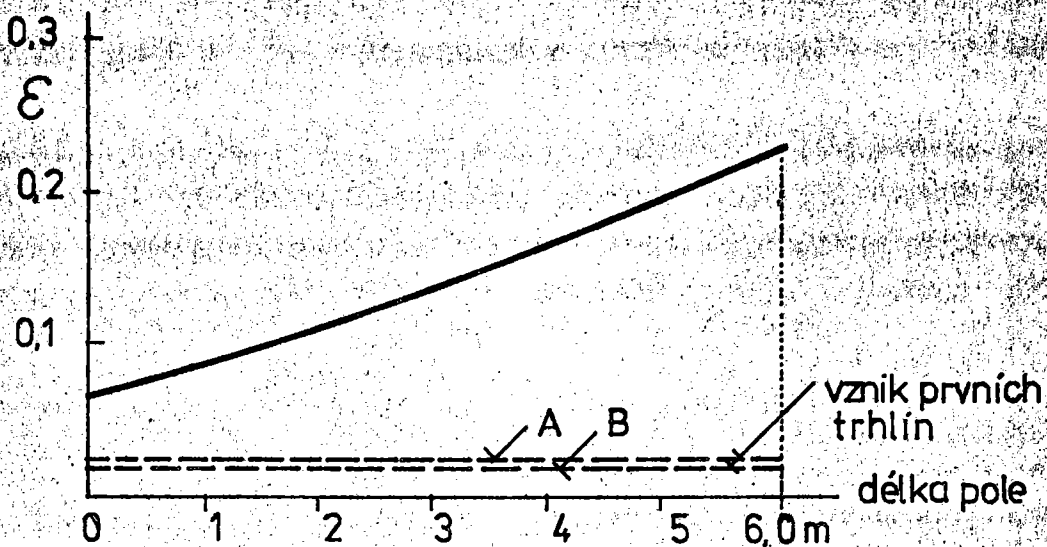


obr. č. 11

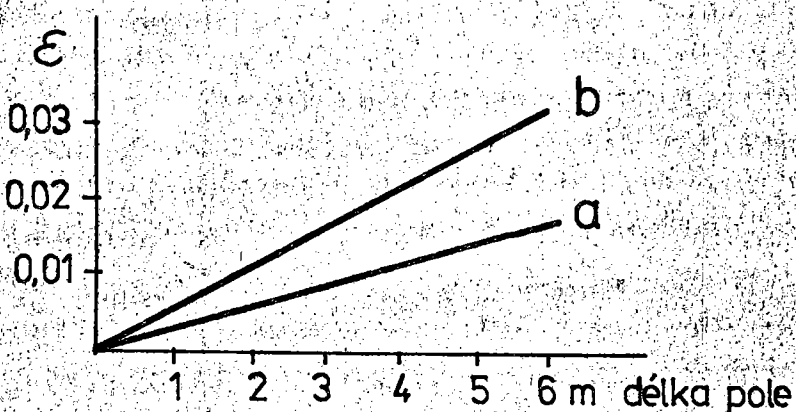
obr. č. 12



obr. č. 13



obr. č. 14



obr. č. 15

