

# PŘÍČINY STŘECHOVITÉHO ZDVIHU BETONOVÝCH DESEK KRYTU VOZOVKY DÁLNIC V ČR OD ROKU 2010 ■ CAUSE OF ROOF-LIKE LIFTING OF CONCRETE SLAB COVERS ON HIGHWAYS IN THE CZECH REPUBLIC SINCE 2010

Jan Hromádko

Od roku 2010 do současnosti se nebyvale zvýšil výskyt dosud vzácného typu poruchy betonového krytu dálniční vozovky, projevující se střechovitým zdvihem nebo vystřelením betonových desek krytu, nebo výraznými hrboly v navazující asfaltové vozovce. Tato porucha znamená ohrožení bezpečnosti dopravy a odstranění vady vyžaduje omezení dopravy často na mnoho dnů v letním období. Příspěvek definuje dosud zjištěné a další pravděpodobné příčiny této poruchy, které souvisí s objemovou roztažností betonu teplotní, vlhkostní, se škodlivými objemovými změnami v betonu, s chybami návrhu vozovek, s chybami stavebního dozoru, s technologickou nekázní zhotovitele, ale také s chybami údržby a při opravách. Uvádí popisy případů a zobecnění dosavadních poznatků a doporučení pro projektanty a správce komunikací s betonovým krytem (silniční vozovky, letištní dráhy, parkoviště atd.), má však význam i pro jiné betonové konstrukce navrhované do extrémních podmínek. Shromážděné informace podněcují k ještě komplexnějšímu přístupu při návrhu tohoto typu betonových konstrukcí, než jaký vyžadují stávající předpisy pro jejich navrhování. ■ Since 2010 until now, occurrence of former rare type of failure in concrete cover slabs on highways has increased significantly. These failures are visible as roof-like lifting of concrete cover slabs or considerable bumps in the adjacent tar road pavements. Such a failure is dangerous for traffic, and fixing such a failure means traffic restrictions for many days in the summer season. This article defines detected and likely reasons for these failures that are caused by thermal and hydro volume expansion of concrete, damaging volume changes in concrete, faults in road designs, errors in construction supervision, technological indiscipline of the constructor, as well as wrong maintenance and repairs. We describe cases, draw general conclusions from up-to-date findings and give recommendations to concrete roads designers and service and maintenance bodies (roads, runways, parking lots, etc.), but also for other concrete constructions designed for extreme conditions. The collected information instigate a more complex attitude to concrete structures design than current standards and regulations require.

Nárůst počtu poruch cementobetonového krytu vozovek dálnic v ČR od roku 2010, spočívajících v náhlých defor-

macích nivelety v letním období (tab. 1), nás nutí k analýze těchto jevů. Následující úvaha o jejich příčinách vychází z podkladů uvedených v seznamu literatury, ale především z vlastní prohlídky poruch na místě a jejich fotodokumentace [8], ze zkoušek a měření zajištěných správcem komunikace a z provozních informací správce. K těmto poruchám se také vztahuje značné množství mediálních informací.

Příspěvek nenahrazuje komplexní sběr údajů o tomto typu poruchy a prozatím není kompletním podkladem pro úpravu navrhování tuhých vozovek nebo podobných konstrukcí. Je nutné, aby se s průběžnými poznatky o podmínkách, vlivech, projevech a možných příčinách poruchy seznámili provozní pracovníci a projektanti pozemních komunikací, případně i autoři technických předpisů.

V příspěvku se uvádí více než deset vlivů a příčin uvedené poruchy. Tím se opět potvrzuje známá skutečnost, že poruchy stavebních konstrukcí nastávají vždy v důsledku kombinace více příčin.

## PROJEVY A POPIS PORUCH

### Názvosloví podle ČSN 736175 a TP Ministerstva dopravy

ČSN definuje podélné hřbety  $I_R$ , hrboly  $I_B$  a poklesy  $I_D$ . Z praktických důvodů bylo toto názvosloví převzato i pro příčné hrboly a hřbety, přejížděné při běžném provozu kolmo. Výška hřbetů a hrbolů je definována jako rozdíl mezi přímoou referenční čarou a nejvyšším bodem hřbetu nebo hrbolu. Je-li poměr  $I/p > 1$  jedná se o hřbet, při poměru  $I/p \leq 1$  se jedná o hrbol (obr. 1). V literatuře [7] se zavádějí specifická názvosloví tří různých poruch s částečně odlišnými příčinami, viz dále.

### Popis a projevy poruch

V popisovaných případech jde o deformaci a zdvih nivelety na kontaktu desek CB krytu (na příčné spáře) od cca 50 do 200 mm, tj. o vznik hrbolu v důsledku zdvihu a podrcení desek – tzv. vystřelení desky definované v katalogovém listu (dále KL) 56 dle [7], případně o nerovnosti na styku cementobetonového a asfaltového krytu, KL 57 dle

[7]. Častější variantou je změna výškové polohy  $I_B$  krytu na kontaktu CB krytu a asfaltového krytu v hodnotách až +200 mm nad úroveň přímé referenční čáry. Zvláštním případem je katalogová porucha č. 54 dle [7], tzv. střechovitý zdvih desek CB krytu, situovaný v průběžném betonovém pásu vozovky, tedy mimo koncovou část v místě přechodu na asfaltovou vozovku. Většinou se jedná o velmi dlouhé úseky CB vozovky (jednotky kilometrů) bez navržených a provedených dilatačních spár.

Porucha se v posledních třech letech projevila na více místech dálnic s betonovým krytem, nejčastěji se jedná o případy s menší hodnotou zdvihu asfaltového krytu – o hrbol výšky do 50 mm, bez zdvihu konce betonového krytu, kdy posouvající se konec betonové vozovky před sebou stlačuje a vzdouvá asfaltovou vozovku.

Pokud je tento proces extrémně rychlý a asfaltové vrstvy se při dané teplotě nestačí deformovat, může směrem vzhůru po zalomení vybočit část asfaltové vrstvy v podobě kry. Průvodním jevem bývá i vzájemný posun betonových pásů vozovky vůči sobě v podélné spáře u starších úseků bez vložených kotev podélné spáry. Poruchu CB krytu někdy doprovází výškové a směrové vybočení přilehlého betonového monolitického odvodňovacího rigolu nebo obrubníků (obr. 5).

Posun a/nebo zdvih se ale někdy týká i podkladních vrstev z cementové stabilizace (SC) případně kameniva zpevněného cementem (v době realizace D5 Plzeň–Rozvadov, dle německých předpisů, se jednalo o tzv. HGT vrstvu) v tloušťce 150 až 250 mm.

Porucha má obvykle velmi rychlý průběh a do chvíle zaregistrování překážky příslušným provozovatelem, nahlášení policii a omezení dopravy vzniká na hrbolu poškození vozidel.

### Soupis zaznamenaných vlivů a možných příčin vzniku hrbolů (vystřelení desek)

Ve všech případech vznikl hrbol jako následek podélného posunu určité části cementobetonového krytu. Iniciací rozsáhlého posunu (resp. značné tlakové

síly) koncové části celého jízdního pásu CB vozovky způsobil extrémní ohřev a roztažení CB krytu v důsledku zejména teplotní roztažnosti betonu, ale vždy v kombinaci s dalšími vlivy. Typická teplota povrchu betonu vozovky měřená nejbližší dálniční meteohláskou v odpoledních hodinách ve chvíli poruchy byla mezi +47 až +51 °C, [2], [6].

Pro tyto hodnoty posunů, resp. tlakových napětí v betonu v důsledku extrémního ohřevu betonu na +50 °C a z toho vyplývajících vnitřních sil při pružném stlačení betonového pásu se původní návrh detailu styku CB/asfaltová vozovka v realizační dokumentaci jeví jako nefunkční, přestože se jedná o vzorový detail převzatý (sice nepřesně) z německých Richtlinií a používaný i na jiných stavbách. Přitom do roku 2010 s tímto řešením styku nebyly dle dostupných, resp. v ČR publikovaných, informací problémy. Z průběhu popisovaných poruch vyplývá, že konstrukce pro zabránění posunu koncové části CB krytu není spolehlivě navržena pro nastalé extrémní podmínky a pro časovou kombinaci dále uvedených příčin.

Doposud navrhovaný a realizovaný způsob ukončení CBK spočívá v zesílení posledních CB desek na cca dvojnásobek návrhové tloušťky. Současně s tím vyvstává otázka, zda navrhuje hodnota teplotního součinitele délkové roztažnosti betonu uvažovaná v [3] ( $\alpha^k = 0,00001 \text{ K}^{-1}$ ), používaná pro návrh napětí v betonové desce, je optimální a zda jsou vůbec při návrhu posuzovány konstrukce bránící posunu koncových částí CB krytu při extrémních teplotách. Uvažovaná hodnota přírůstku délky betonové desky pro tento teplotní součinitel a pro nárůst z průměrné roční teploty desky cca +10 °C na extrémní letní teplotu +50 °C je 0,4 mm/m, tj. 2 mm u jedné 5m desky. Teplotní gradient po výšce desky a borcení od teploty pro zjednodušení v této analýze není uvažován.

**Další příčiny**

**Odchylna návrhu detailu styku CB/asfaltová vozovka** v realizační dokumentaci od typového detailu v [4] (např. podkladní vrstva SC/HGT pod CBK

není ve stejné výškové úrovni jako podkladní vrstva pod asfaltovou vozovkou).

**Odchylny skutečného stavebního provedení** tohoto detailu od návrhu v RDS (technologická nekázeň), zjištěné při diagnostickém průzkumu poruchy na D5 (např. zhotovitelem vytvořené škodlivé klínové plochy na podkladních vrstvách vozovky, nedostatečná tloušťka koncových zesílených desek CBK, absence pružné 20 mm tlusté vložky v dilatační příčné spáře mezi asfaltovým a betonovým krytem atd.).

**Předchozí postupné dlouhodobé zvětšování objemu betonu** v přílehlém úseku CB krytu vozovky vlivem alkalické reakce kameniva v betonu, a tedy tím i vyčerpání rezervy volně šíře příčných kontrakčních spár/trhlin CB krytu ve značné délce průběžného betonového pásu. Tento zásadní vliv, co do významu druhý v pořadí, je v současnosti prokázán u případů na D5, D11, D1, R35. Vyčerpání volně šíře kontrakční spáry (trhliny), resp. její ucpaní, může mít na svědomí také přísun nečistot s povrchu vozovky neutěsněnou spárou. Hodnota přírůstku objemu betonu, vyjádřená při urychlené zkoušce prodloužení trámčů délky 500 mm dle Alkalirichtlinie, je v případě probíhající „škodlivé“ alkalické reakce vyšší než 0,6 mm/m (obr. 13).

**Zvětšení objemu betonu CB krytu** a vrstev SC nebo HGT vlivem intenzivního nasáknutí vodou při opakovaných srážkách v předchozím týdnu. Značné

objemové změny betonu způsobené vysycháním a nasáknutím byly experimentálně prokázány na vzorku reálného betonu odebraného z CBK na D5 [5] (obr. 12) z úseku se zvýšeným obsahem kaolínu v kamenivu v betonu a s prokázanou výraznou poruchou vlivem škodlivé alkalické reakce (tedy se zvýšeným obsahem křemičitých gelů v betonu, a to i v místech bez trhlin). Hodnota vlhkostní roztažnosti vzorků betonu shodné receptury (vysušený a úplně nasáknutý vzorek) byla až 1,7 mm/m (obr. 12). Tento vliv je pravděpodobně doposud velmi málo znám a při komplexním posuzování chování CB krytu a podobných konstrukcí se obvykle neuvažuje.

**Zmenšení třecího odporu**, který za běžných podmínek zpomaluje posun desek po podkladní vrstvě, ve spáře pod CB deskami vlivem nasáknutí vodou po přivalových deštích, při pravděpodobně nedostatečně rychlém odvádění srážkové vody. Nedostatečné odvádění srážkové vody se může vyskytovat zejména v úsecích s betonovými rigoly, které sice dobře odvádějí vodu s povrchu vozovky, ale zadržují vodu pronikající pod betonovou vozovku na povrch asfaltové membrány nebo stmelené podkladní vrstvy, která je nepropustná.

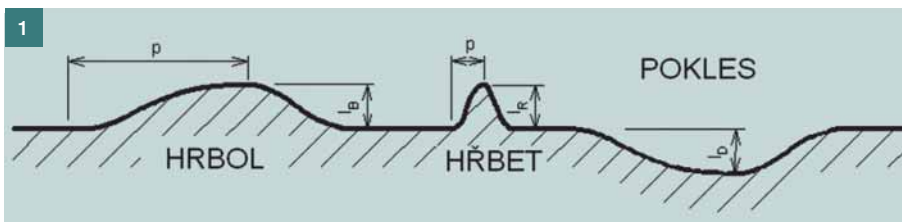
**Snadný přístup srážkové vody do CBK**, do styku mezi CBK a asfaltovou mezivrstvou a do stmelené podkladní vrstvy neutěsněnými podélnými

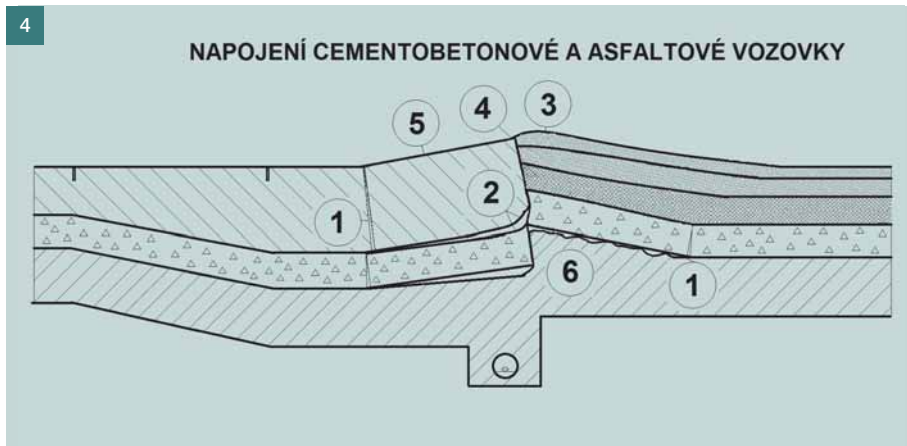
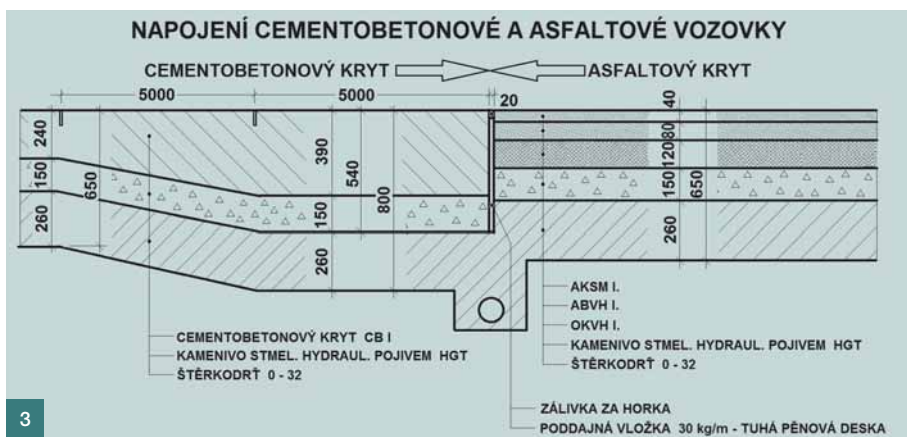
Tab. 1 Lokalizace některých vybraných případů poruch cementobetonového krytu ■

Tab. 1 Location of selected examples of concrete cover failures

Označení komunikace	Staničení [km]	Datum a čas poruchy	Materiál vrstev vozovky	Jízdni pruh/pás
D5	122,045 L	12.7.2010, 20:00	Přechod CB/AHV	celý pás
SOKP 516	23,250 L	13.7.2010, 14:00	Přechod CB/AHV	expresní, rychlý pruh
D5	116,855 P	13.7.2010	Přechod CB/AHV	celý pás
D5	118	14.7.2010	Přechod CB/AHV	celý pás
D1	93,9 P	22.7.2010	Přechod CB/AHV	celý pás
R35	287,7 P	18.6. 2012, 16:45	CB	rychlý pruh
D5	116,855 P	21.6.2012	Přechod CB/AHV	celý pás
D1	51,2 P	22.6.2011, 19:00	CB	rychlý pruh
D11	11,355 P	2.7.2012	CB	zpev. krajnice-odst. pruh
D1	50,630 P	18.6.2013	CB	rychlý pruh
D1	39,2 L	20.6.2013	CB	-
D1	168 P	3.8.2013, 15:00	CB	pomalý pruh
D1	36,8 L	7.8.2013, 14:30	CB	rychlý pruh

Obr. 1 Podélný profil vozovky vykazující výšku hřbetu  $I_B$ , hrbolu  $I_R$  a poklesu  $I_D$  ■  
Fig. 1 Longitudinal profile of the road showing the ridge height  $I_B$ , bump  $I_R$  and descent  $I_D$





Obrazový popis konkrétní poruchy na D5 v km 122,045 L v roce 2010 (obr. 2 až 15)

Obr. 2 Hrbol na povrchu CB vozovky v km 122,045 D5, vznikl dne 12. července 2010 ■ Fig. 2 Bump on the surface of concrete road pavement on the 122.045 km of the D5 Highway on July 12, 2010

Obr. 3 Podélný řez v místě poruchy, návrhový stav ■ Fig. 3 Longitudinal section in the place of the failure, project solution

Obr. 4 Podélný řez v místě poruchy, 1 – trhliny ve zlomené CB desce, trhliny v zalomené vrstvě HGT, 2 – dutiny mezi CBK a HGT v důsledku posunu CB desky po klínové ploše, 3 – vrchol hrbolu v asfaltové části vozovky, 4 – chybějící poddajná vložka tloušťky 20 mm ve spáře na kontaktu CB/AB – chyba dodavatele a dozoru, 5 – skutečná tloušťka zesílené CB desky je pouze 280 mm (chybí 110 mm) – chyba dodavatele, 6 – vrstva kameniva stmelého hydraulickým pojivem se také vlivem vedra posunula, v obou částech vozovky není HGT navržena ve stejné výškové poloze – chyba projektanta ■

Fig. 4 Longitudinal section in the place of a failure, 1 – cracks in the broken concrete slab, cracks in a broken HGT layer, 2 – cavens between the concrete and HGT layer as a result of a shift of the concrete slab on the cuneal surface, 3 – top of the bump in the tar part of the road pavement, 4 – missing 20 mm thick flexible layer in the joint of CB/AB – supplier's and supervisor's error, 5 – the real thickness of the CB slab is only 280 mm (110 mm thinner) – supplier's error, 6 – the aggregate layer hydraulically bound moved due to hot weather – the HGT in both parts of the road has not been designed in the same location – fault of the designer

Obr. 5 Porucha na D5 v km 122,045 L v roce 2010 ■ Fig. 5 Failure on the 122.045 L km of the D5 in 2010

Obr. 6 Hrbol z pohledu řidiče na dálnici ■ Fig. 6 The bump from the drivers' view

Obr. 7 Porucha na D5 v km 122,045 L v roce 2010 ■ Fig. 7 Failure on the 122.045 L km of the D5 in 2010

Obr. 8 Porucha na D5 v km 122,045 L v roce 2010 ■ Fig. 8 Failure on the 122.045 L km of the D5 in 2010

Obr. 9 Zaměření podélného řezu hrbolem ■ Fig. 9 Gauge of the longitudinal section of the bump

Obr. 10 Vrstevnicový plán hrbolu ■ Fig. 10 Contour plan of the bump

a příčnými spárami CBK – toto je vliv místy nedostatečné údržby vozovek.

**Vada z výstavby podkladní vrstvy cementové stabilizace** nebo HGT spočívající v klínovitém tvaru pracovní spáry napojení dvou úseků pokládky SC (HGT). Při násunu klínovitých konců SC (HGT) v pracovní spáře na sebe vlivem roztažení po ohřevu a nasáknutí podkladních vrstev vznikl svislý silový impulz, který se také mohl podílet na iniciaci „vystřelení“ průběžného teplem předpjatého betonového pásu.

**Vyšší mechanické parametry stmelěných podkladních vrstev pod CB krytem** – vyšší hodnota teplotního součinitele délkové roztažnosti, pevnosti v tlaku a  $E$  modulu – v případě stmelěné vrstvy (HGT), která má charakter extrémního betonu. Při daných extrémních teplotách CB krytu (extrémní vlna vedra v roce 2010 trvala týden) je vysoce pravděpodobný intenzivní ohřev i této vrstvy HGT a jeho příspěvek k tvorbě podélných sil a posunů celého vozovkového souvrství. Pevnost v tlaku zjištěná na vývrtu z vrstvy HGT v oblasti poruchy na D5 (ve stáří 14 roků) byla až 22 MPa [5] a v místě poruchy vystřelila kromě CB desky i deska tvořená podkladní vrstvou HGT, pod a mezi deskami vznikla dutina.

**Chybně prováděné opravy CB krytu**, konkrétně se jedná o náhradu částí poškozených CB desek nebo celých desek asfaltovými hutněnými vrstvami (na celou tloušťku CB desky). Tento způsob opravy není uveden v žádném technickém předpisu pro pozemní komunikace. Oslabení betonového pásu vozovky při této náhradě cementového betonu asfaltovou hutněnou směsí je evidentní, a i když je touto rychlou, ale neschválenou technologií zajištěna únosnost vozovky ve svislém směru, není zajištěn přenos podélných sil vznikajících v důsledku extrémních ohřevů betonu. Veškeré podélné síly vyvolané ohřevem betonu v celé šíři jízdního pásu vozovky tedy přenáší v místě asfaltové záplaty pouze zbylá část tlačěného betonového průřezu (to je umožněno přenosem sil přes podélnou spáru z přerušeno do nepřerušeno pásu betonu kotvami nebo třením v této spáře), obvykle 2/3 původní šíře vozovky, protože náhrada CB asfaltem je častá technologie opravy poškozeného pomalého jízdního pruhu. U tohoto zbývajícího vzdorujícího průřezu betonu byla proto v některých popisovaných případech překročena pevnost betonu v tlaku a došlo k poruše dle KL 56 – vystřelení desky. V místech poškozených předtím také vlivem ASR je vnitřní struktura CB desky významně na-

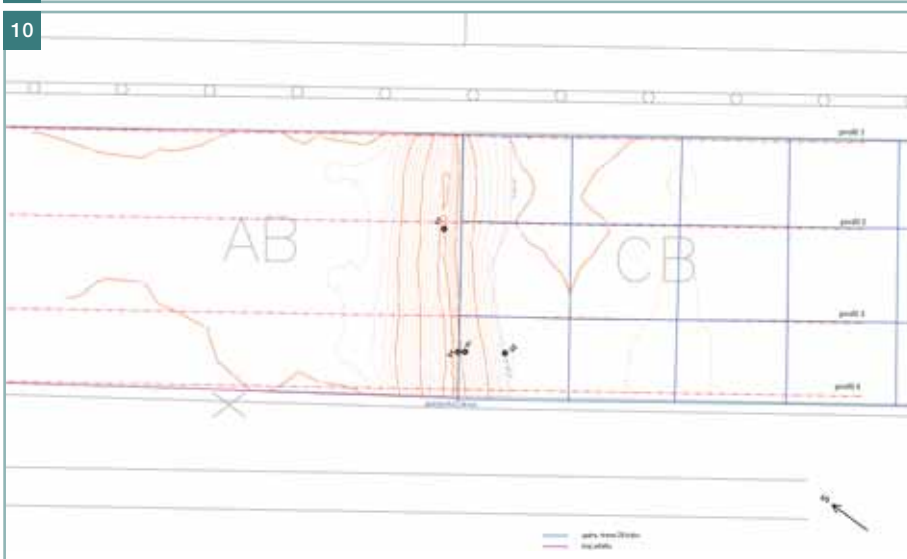
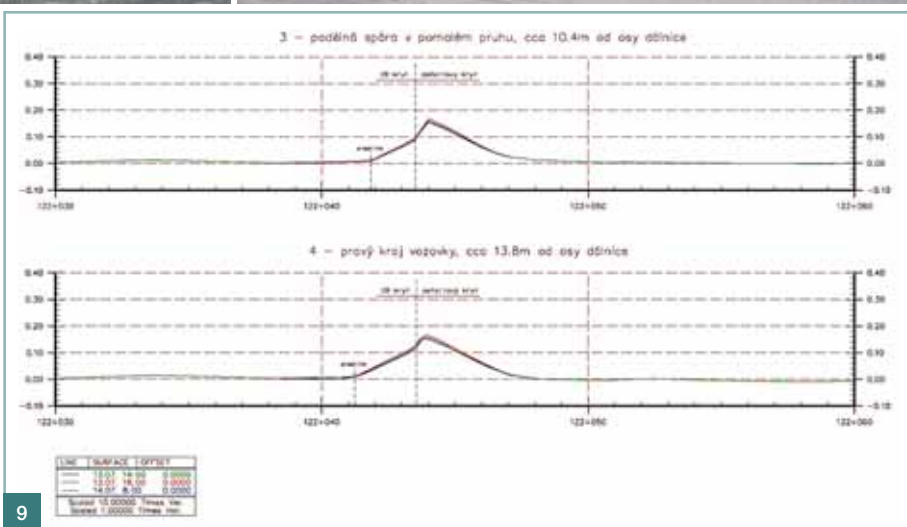


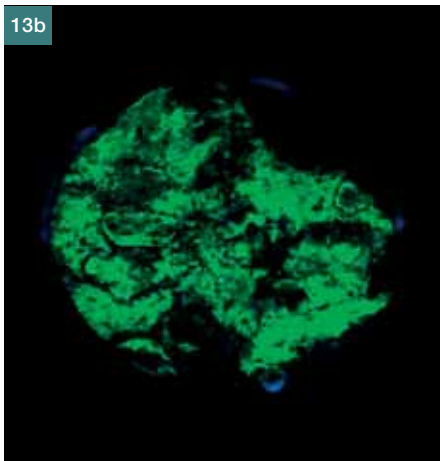
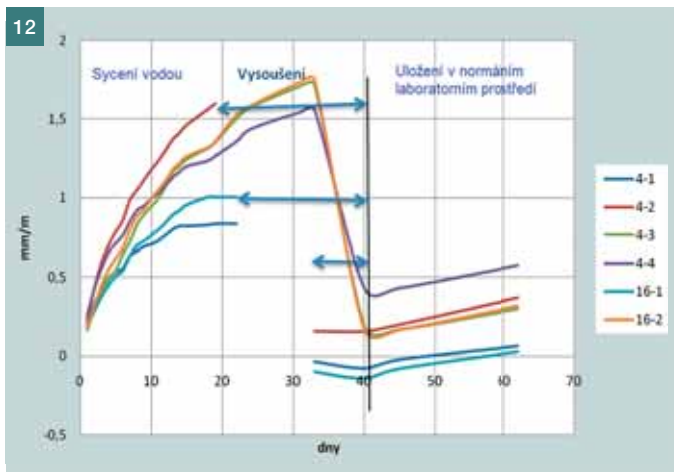


rušena (delaminace betonu), a proto je snížena pevnost betonu v tahu a tlaku.

**Výčerpaná životnost vozovky** z výše uvedených důvodů, z důvodu stáří (35 až 40 let u D1) a intenzivní těžké dopravy. U těchto nejstarších úseků českých dálnic potom samozřejmě ke vzniku poruchy stačí jednoduchá kombinace dvou vlivů, např. k vystřelení desky může být důvodem extrémní podélná síla v betonu v důsledku extrémního ohřevu v kombinaci s běžnou poruchou – nevstřícností dvou desek v místě nechvalně známých schůdků na nevyztužených příčných spárách (KL poruchy č. 52). Existuje také podezření, že intenzivní dynamické namáhání nevyztužené cementobetonové desky krytu přetíženými těžkými nákladními vozidly urychluje vznik tahových mikrotrhlinek, což zvyšuje jeho vlhkost a urychluje proces škodlivého rozpínání betonu (např. alkalickou reakcí kameniva v betonu).

**Zanedbaná běžná údržba CB krytu**, neprováděná souvislá údržba CB krytu v posledních 10 až 20 letech (definice viz [3], [7]), neprovádění oprav a rekonstrukcí CB krytu a konstrukcí pod ním (např. nefunkční odvodnění vozovkového souvrství, neutěsněné trhliny v krytu a zanášení spár tuhými nečistotami atd.).





Obr. 11 Porucha na D5 v km 122,045 L v r. 2010 – výskyt ASR na betonovém krytu v okolí hrbolu ■ Fig. 11 Failure on the 122.045 L km of the D5 in 2010, occurrence of ASR on the concrete cover in the bump surrounding

Obr. 12 Vlhkostní roztažnost betonu D5, měřená na vzorcích vyřezaných z krytu ■ Fig. 12 Moisture expansion of concrete on D5, samples cut from the cover

Obr. 13 a) Výskyt ASR gelu v betonu v okolí hrbolu, vývrt průměru 50 mm, uranylová detekční metoda, b) snímek v UV světle ■ Fig. 13 a) Occurrence of the ASR gel in concrete around the bump, uranyl detection method, b) UV light picture

Obr. 14 V betonu CBK byla v rozporu se schválenými složkami betonu použita směs kameniva z různých hornin s různou citlivostí na alkálie z betonu, až ze čtyř lokalit, nábrus dodatečného vývrtu o průměru 150 mm z vozovky ■ Fig. 14 In the cement-concrete cover were used contrary to the authorized concrete components aggregate mixtures of different rocks with different sensitivity to alkali from concrete from four localities, polished section of the additional core from the road of 150 mm diameter

Obr. 15 Vývrt dilatační spáry ve vozovce, kde byla zjištěna absence původně navržené stlačitelné vložky na kontaktu cementový beton-asfalt vedle hrbolu ■ Fig. 15 Core of the dilatation joint in the road surface where was also found absence of the initially designed compressive inlays on the spot of contact between cement-tar next to the bump

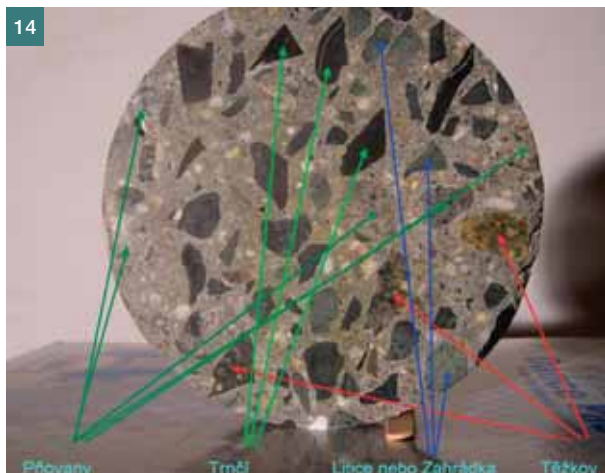
### TEPLOTNÍ POMĚRY VE VOZOVCE PŘI PORUŠE

Pro popis teplot v krytu vozovky při poruše byly využity informace z blízkých dálničních meteohlásek s kontinuálním záznamem teploty vzduchu, povrchu vozovky a srážek. Porovnáním informací z více lokalit na dálniční síti a z údajů ČHMÚ lze nahradit teplotu betonové vozovky v místě poruchy teplotou vozovky na nejbližší meteohláске, vzdálené do 4 km, s dobrou shodou. Je pravděpodobné, že malé rozdíly v orientaci trasy, ve sklonu a výšce nivelety v místě meteohlásky lze pro účely této úvahy zanedbat.

Typické průběhy teplot pro diskutované případy poruch jsou uvedeny v grafech na obr. 35 a 36.

### NÁVRH OPRAVY BETONOVÉ A ASFALTOVÉ VOZOVKY V MÍSTĚ ZDVIHU KRYTU

V případě hrbolu na povrchu asfaltového krytu je jeho pouhé odfrézování nutno považovat za provizorium, použitelné výjimečně z provozních důvodů. Životnost takové opravy je půl až jeden rok, je však také nutno zajistit dokončení podrobného diagnostického průzkumu pro potvrzení míry vlivu možných příčin poruchy.







Obr. 16 D5 km 116,855 P, opakovaná porucha dne 21. června 2012  
 ■ Fig. 16 Km 116.885 on the D5 highway, repeated failure on June 21, 2012

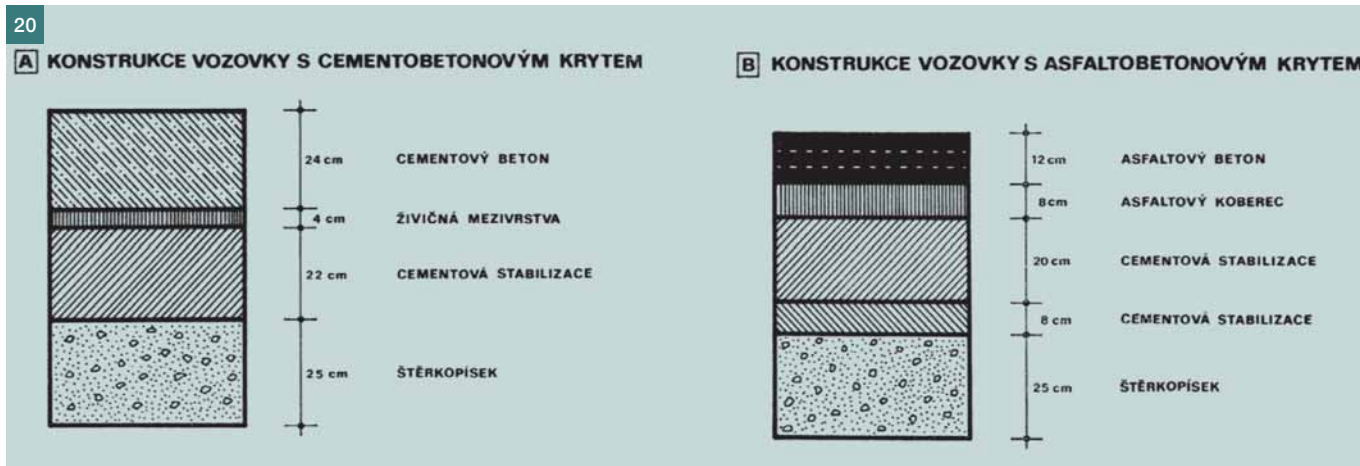
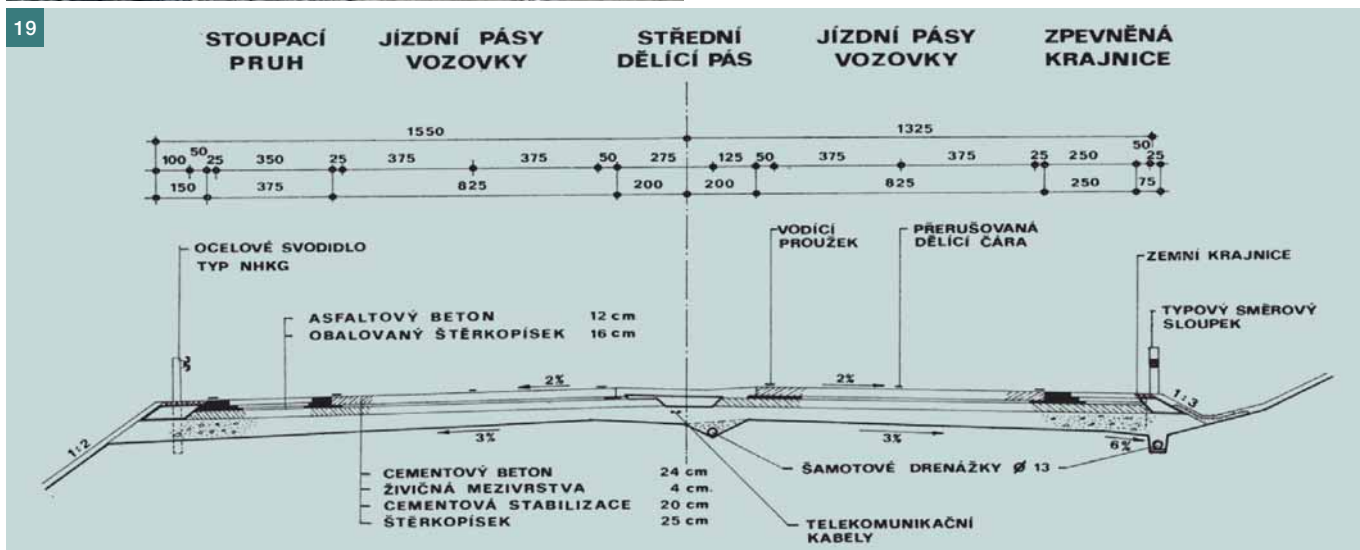
Obr. 17 Odkrývání asfaltového souvrství při opravě poruchy  
 ■ Fig. 17 Uncovering the tar layers during the repair

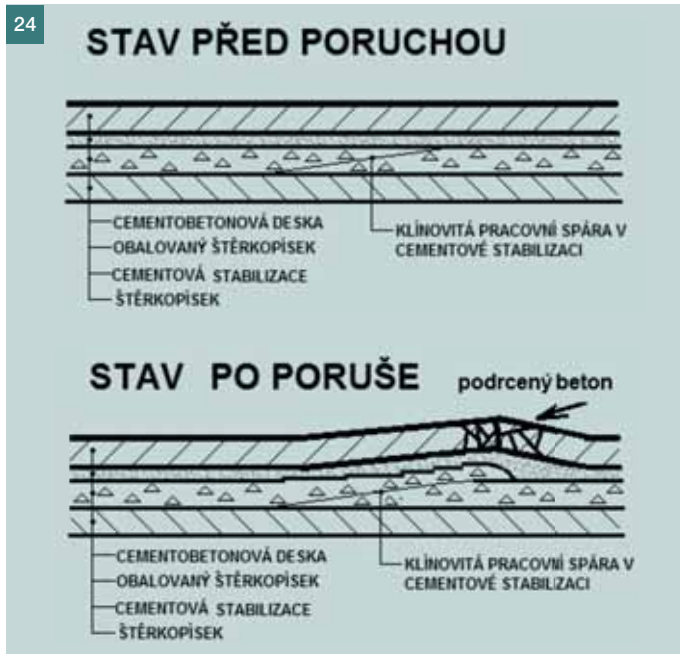
Obr. 18 Klínovitý tvar pracovní spáry cementem stmelené podkladní vrstvy, s trhlinou a zdvihem  
 ■ Fig. 18 Wedge-shaped construction joints of the cement united base, with a crack and uplift (D5, km 116,855 P)

**Obrazový popis konkrétní poruchy na D1 v km 51,2 P v roce 2011 (obr. 19 až 25)**

Obr. 19 Vzorový příčný řez vozovkou na dálnici D1  
 ■ Fig. 19 Sample cross section of the road surface on D1

Obr. 20 Konstrukce dálničních vozovek na D1  
 ■ Fig. 20 Structure of the highway road surfaces on D1





Obr. 21 Místo poruchy CB kryty vozovky na dálnici D1, před událostí ■ Fig. 21 The failure point of the cement-concrete road surface on D1, before the accident

Obr. 22 Porucha dne 22. června 2011 ■ Fig. 22 Failure on June 22, 2011

Obr. 23 Místo poruchy – po odbourání CB desky obnažená klínovitá pracovní spára v cementové stabilizaci (též obr. 22, 24, 25), situovaná přesně pod vystřelenou spárou CB desek na obr. 21 ■ Fig. 23 Place of the failure after removal of the cement-concrete slab, visible construction joint in cement stabilization (see also fig. 22, 24, 25), situated directly under the shot cement-concrete slabs on fig. 21

Obr. 24 Schéma poruchy CB desky v místě nad klínovitou pracovní spárou ve vrstvě cementové stabilizace, způsobené stlačením, posunem a podrcením v obou konstrukčních vrstvách (CB a SC) současně – podélný řez krytem ■ Fig. 24 Scheme of the cement-concrete slab in the point above the wedge-shaped construction joint in the layer of cement stabilization caused by compression, shift and grind in both structure layers (cement-concrete and cement stabilization) at once, longitudinal section of the cover

Obr. 25 Porucha v rychlém JP je v místě oslabení pomalého JP nevhodnou opravou z asfaltové směsi ■ Fig. 25 Failure in the fast lane is in the place of weakening of the slow lane inappropriate repair from tar mixture

Obr. 26 Vzájemné posuny betonových pásů vozovky v rozšířené nekotvené podélné spáře, sevření příčné spáry krytu (bez kluzných trnů) ■ Fig. 26 Mutual shifts of the concrete strips of the road surface in a widened non-anchored longitudinal joint, closure of the cross joint of the cover (without the dowels)

Obr. 27 Povrch betonové vozovky s příznaky škodlivé rozpínavé reakce v CBK (trhlinky s křemičitým gelem) v okolí poruchy ■ Fig. 27 Concrete road surface showing expansive reactions in the cement-concrete covers (cracklings with silica gel) round the failure

### Obrazový popis poruchy na D11 v km 11,350 P v roce 2012 (obr. 28 a 29)

Obr. 28 Vystřelení desky ve zpevněné krajnici 2. července 2012, viditelná je alkalická reakce v betonu ASR (trhliny s tmavým lemováním – charakteristický příznak škodlivé rozpínavé reakce v betonu) ■ Fig. 28 Shot-out of the slab in the hard shoulder on July 2, 2012, visible alkali reaction of concrete (failures with dark flanges – typical sign of damaging expansion reaction)

Obr. 29 Porucha z 2. července 2012 je také v místě oslabení CB pásu nevhodnou opravou v jízdních pružích asfaltovou vrstvou ■ Fig. 29 Failure from July 2, 2012 is also in the cement-concrete strip weakened by inappropriate repair by tar layer

### Další případy (obr. 30 až 34)

Obr. 30 Hrbol na D1 v km 93,9 P vzniklý na asfaltové vrstvě u kontaktu s betonovou vozovkou dne 22. července 2010 ■ Fig. 30 Bump on D1, km 93.9 P occurred on the tar layer at the place of contact with the concrete road on July 22, 2010

Obr. 31 D1 km 36,8 L s poruchou CB krytu dne 7. srpna 2013 ■ Fig. 31 D1, km 36.8 L, with failure on the cement-concrete cover on August 7, 2013

Obr. 32 Silnice R35 Lipník, km 287,7 P v úseku s intenzivní rozpínavou reakcí kameniva v betonu, porucha dne 18. června 2012 ■ Fig. 32 On June 18, 2012 a failure occurred on the R34 road, Lipník, km 287.7 R, in the part with intensive expanding reaction of the aggregate

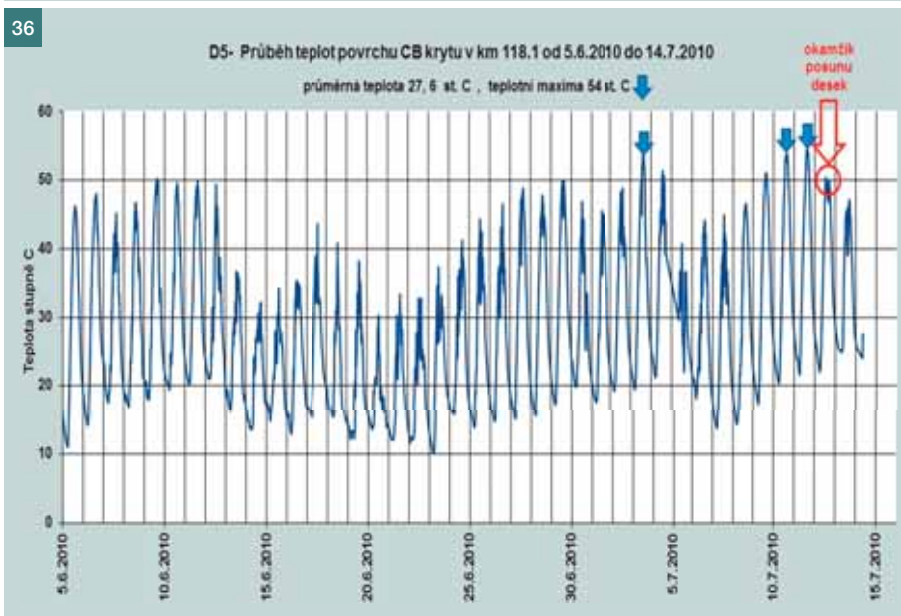
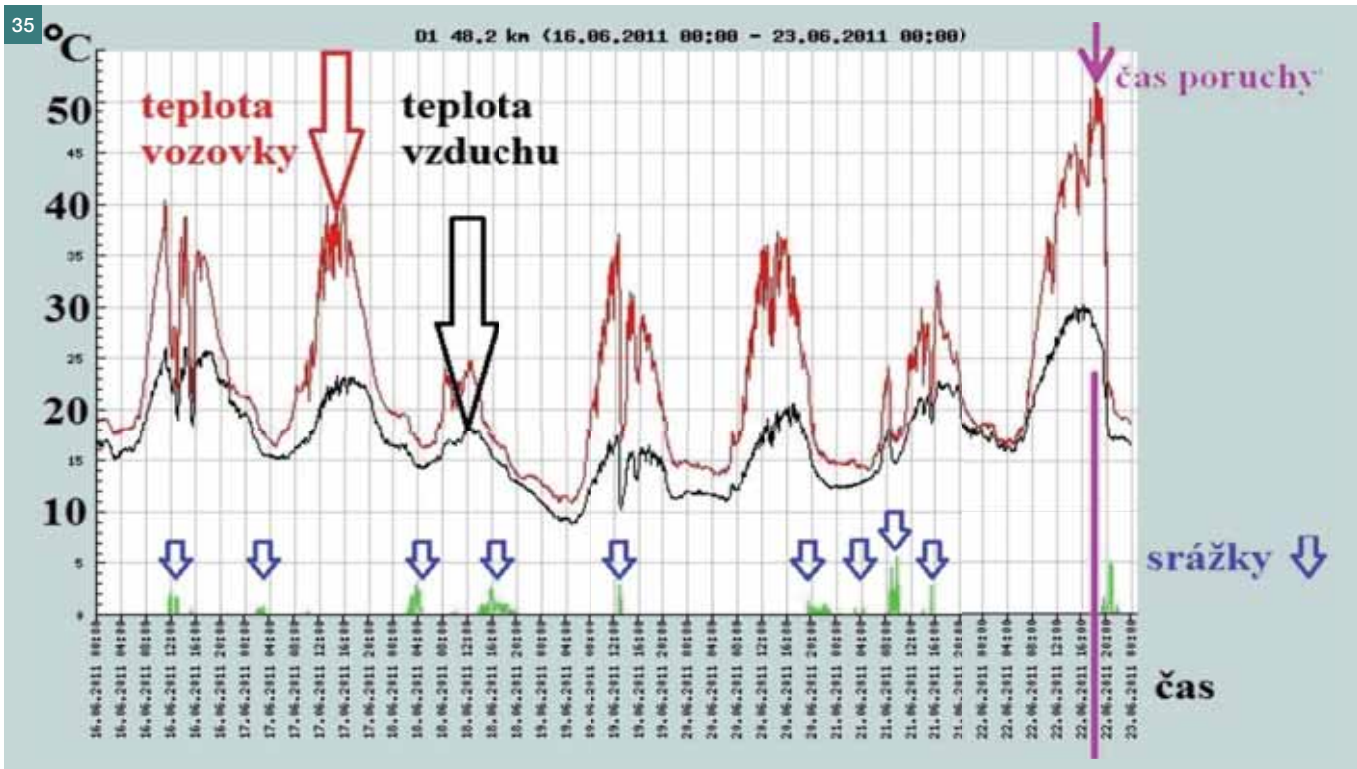
Obr. 33 Silnice R35 Lipník, km 287,7 P, oprava betonové desky po poruše dne 18. června 2012 ■ Fig. 33 R35 Lipník, km 287.5 R, repair of the concrete slab after failure

Obr. 34 Hrbol na Pražském okruhu (SOKP 516 L) na pracovní spáře asfalt-beton ze dne 13. července 2010 ■ Fig. 34 Bump on the Prague Ring (SOKP 516 L) on the construction joint tar-concrete from July 13, 2010



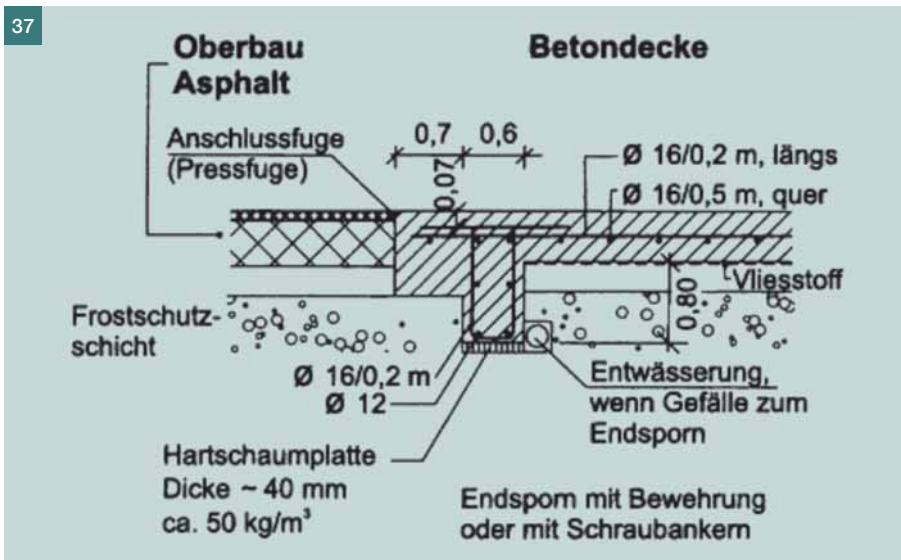






Obr. 35 Týdenní průběh teploty, záznam meteohlásky v km 48,2 D1 u místa poruchy v km 51,2 ■ Fig. 35 Weekly development of temperatures, meteo station on D1 km 48.1 entries, at the failure on km 51.2

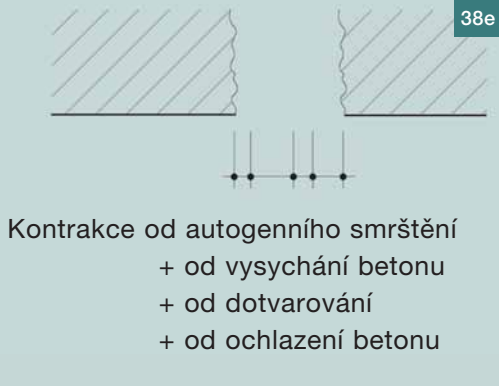
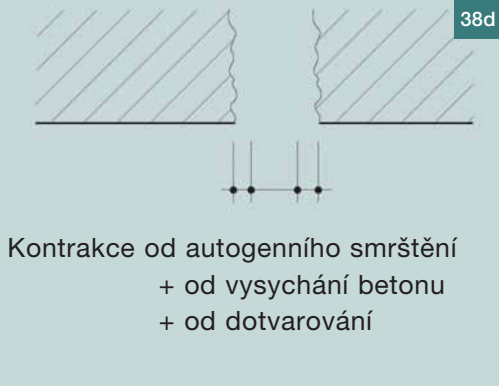
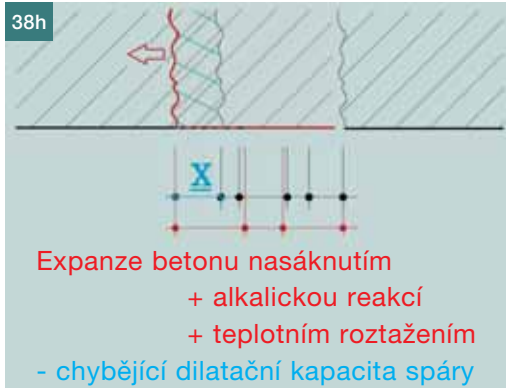
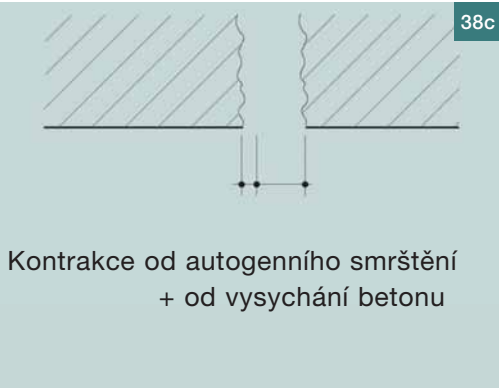
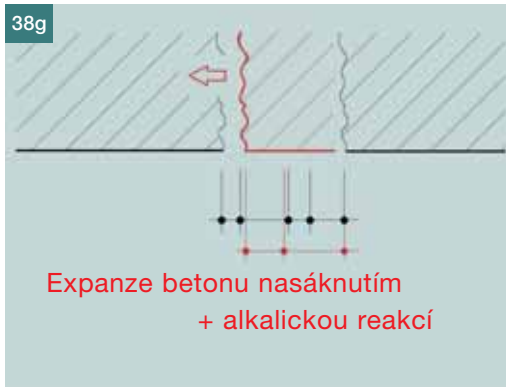
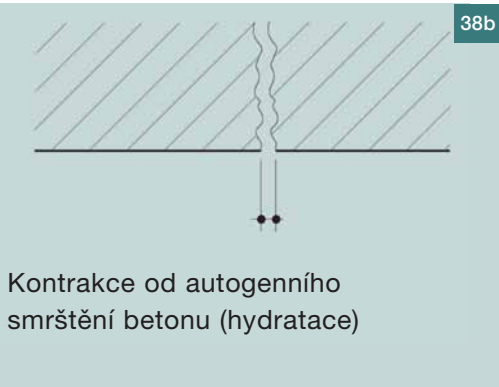
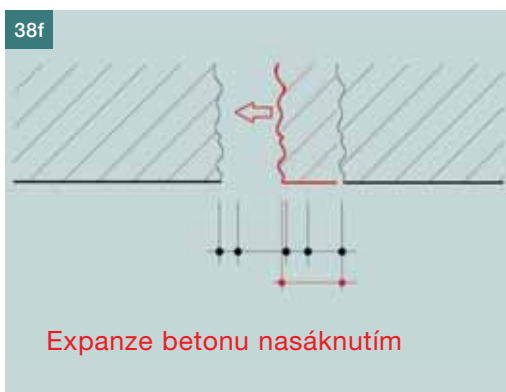
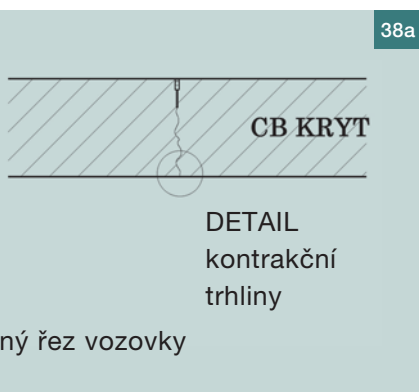
Obr. 36 Měsíční průběh teploty povrchu CB vozovky, záznam meteohlásky na D5 v km 118,1, nejbližší k místu poruchy v km 122,045, zajímavé je datum poruchy (červená šipka) – mimo teplotní maximum ■ Fig. 36 Monthly development of temperatures of the cement-concrete road surface, meteo station on D5, km 118.1, the closest to the failure occurrence on km 122.045; the failure occurred on the off-peak date (red arrow)



Obr. 37 Nejúčinnější způsob zachycení podélných posunů CB krytu v místě přechodu na asfaltovou vozovku dle Richtlinie [4] ■ Fig. 37 The most efficient method of constraint the longitudinal shifts of the cement-concrete cover in the place of contact with the tar surface acc to Richtlinie [4]

Obr. 38 a)–h) Osm fází a složek podélného smrštění a expanze betonové konstrukce v exteriéru ■ Fig. 38 Eight phases and components of the longitudinal compression and expansion of the concrete construction in exterior

Obr. 39 Málo stlačitelná výplň kontrakční spáry snižuje účinnost dilatačních opatření navržených pro vozovku ■ Fig. 39 Low compressible inlay of the contract joint decreases the efficiency of dilating measures designed for the road surface



**POZNATKY PRO DALŠÍ VÝSTAVBU A OPRAVY BETONOVÝCH KONSTRUKCÍ**  
 S názorem Otakara Vacína, stavebního experta z ČVUT v Praze: „pokud se budou vedra v Česku opakovat, bude se muset změnit technologie při stavbě dálnic ...“ [1] lze souhlasit.

Jednou z možností je změna návrhu styku betonové a asfaltové vozovky, např. podle principu kotevního betonového prahu (obr. 37), který zasahuje do hloubky 0,8 m pod CB desku, tj. již do oblasti aktivní zóny zemního tělesa a konec CB pásu účinně kotví. Doposud používané kotvení konce betonového pásu proti posunu pouze pomocí zesílených koncových desek se jeví jako nedostatečné (obr. 3 a 4).

Dalším námětem je možnost návrhu stlačitelných dilatačních prostorových spár, a to na základě podrobnějšího modelování teplotních, vlhkostních a jiných rozpínavých vlivů. Ze stavební praxe u některých betonových částí staveb vyplývá poznatek, že návrh dilatačních opatření je často a opakovaně podceňován a zanedbáván, což vede k poruchám.

Provedeme-li jednoduchý součet výše v článku uvedených vlivů (obr. 38):

- vlivu krátkodobého extrémního ohřevu CB desky na + 50 °C – lineárního prodloužení 0,4 mm/m,
  - dlouhodobého vlivu rozpínání betonu při slabé alkalické reakci, u málo reaktivního kameniva (v ČR častý případ) – hodnoty menší než 0,6 mm/m, např. 0,5 mm/m,
  - krátkodobého vlivu nasáknutí betonu a/nebo podkladních stmelovaných vrstev vodou – konzervativní hodnoty např. 1 mm/m,
- dojdeme při souběhu jen těchto tří vlivů k vysoké hodnotě lineárního prodloužení, cca 1,9 mm/m, pro jednu CB desku délky 5 m to představuje posun konce o 9,5 mm, stávající šířka kontrakčních trhlin, cca 2 až 4 mm, tento pohyb neumožní, a proto je nezbytná revizní

Dokumentaci provizorní opravy by měl zpracovat zkušený projektant, neboť je obtížné odhadnout chování konce konstrukce jízdního pásu vozovky po uvolnění tlakového napětí v krytu při odbourávání jeho poškozené části.

Doporučuje se definitivní oprava na základě dokumentace vypracované zkušeným projektantem po potvrzení všech příčin a po přehodnocení původního detailu kontaktu CB a asfaltového krytu. Přitom jsou nutné konzultace, výpočty, průzkum a zkoušky.

Za definitivní opravu nelze považovat náhradu poškozených betonových desek CB krytu asfaltovými vrstvami, zejména při opravách poruchy nacházející se v průběžném betonovém pásu. Porucha se obvykle řeší výměnou tří původních desek CBK postupem dle TP MD. Nevhodné klínové úseky cementové stabilizace se vybourají a nahradí betonem C16. Pracovní spáry mají být kolmé a svislé.



ze resp. nové posouzení skutečně působících vlivů na délkovou roztažnost reálného betonu.

### ZÁVĚR

Je nezbytná revize, resp. nové posouzení skutečně působících vlivů na betonové konstrukce vystavené venkovnímu prostředí, zejména vlivu syčení betonu vodou, alkalické reakci a extrémnímu ohřevu a jejich podílu na hodnotě délkové roztažnosti reálného betonu a hodnotě celkového posunu koncových částí konstrukce.

Tyto všechny vlivy by měly být uvažovány u důležitých konstrukcí z betonu s požadovanou vysokou životností, vystavených extrémním podmínkám. Posouzena by měla být dostatečnost dosud navrhovaných dilatačních opatření (rozměr a počet pracovních, kontrakčních a dilatačních spár u rozměrných betonových konstrukcí v exteriéru).

Uvedenému součtovému lineárnímu

#### Literatura:

- [1] Weikert P., Vacín O. (2010): Na dálnici míří kontroly kvůli „boulím“ z veder, Hospodářské noviny, 15. 7. 2010, str. 6
- [2] Hromádko J., Marusič J., (2010): Pokyn pro odstraňování hrbolů a hřbetů na kritických místech vozovky při vysokých teplotách vzduchu, interní pokyn, ŘSD ČR
- [3] MD ČR, (2011). TP 92, Navrhování údržby a oprav vozovek s CB krytem ZTV Beton-StB – Zusätzliche Technische Vertragsbedingungen und Richtlinien für den Bau von Tragschichten mit hydraulischen Bindemitteln und Fahrbahndecken aus Beton, Ausgabe 2007
- [5] Horský J., (2009): Hodnocení poruch CB krytu na D5 v úseku 128,144 až 130,500 km ve směru na Rozvadov, Zpráva č. D 50/09
- [6] Klepáč J., (2010-2013): Provozní úsek ŘSD ČR. Provozní informace a fotografie
- [7] MD ČR, (2010), TP 62, Katalog poruch vozovek s cementobet. krytem
- [8] Hromádko J. (2010 až 2013): foto-archív autora

roztažení může nevyztužená konstrukce nekonečného pásu betonu vzdorovat bez poruch jen obtížně, pružné přetvoření (stlačení) betonu v oblasti platnosti Hookova zákona a počáteční smrštění mladého betonu zřejmě ke kompenzaci rozpínání postačovat nebude.

Při silnější alkalické reakci (úseky na D1, D5, D2, R35, D11) toto nadměrné součtové lineární roztažení betonové desky (bez vytvoření nových dilatačních opatření) však zcela jistě povede i v budoucnosti k popisovaným poruchám vozovek a jim podobným betonovým konstrukcím.

Ing. Jan Hromádko  
Ředitelství silnic a dálnic ČR  
Čerčanská 2023/12  
140 00 Praha 4  
tel.: 241 084 417, 606 711 837  
e-mail: jan.hromadko@rsd.cz



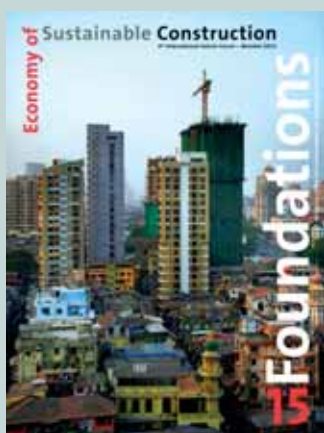
www.rsd.cz

## THE ECONOMY OF SUSTAINABLE CONSTRUCTION

Třicet specialistů z celého světa řeší otázku nákladů spojených se snahou o udržitelnost v prostředí stavebnictví. Kniha si všímá určitých postupů a vzorů v práci architektů a představuje materiály a metody vhodné pro zvýšení sociálního, ekonomického a zejména udržitelného provozu budov a dalších stavebních konstrukcí.

Kniha představuje na čtyřech stech stranách eseje, zprávy a případové studie, které zkoumají vztahy mezi komerčními a udržitelnými hodnotami a sledují stopy, které stavebnictví po sobě v 21. století zanechává. Vyzdvihují také naléhavost přijetí vhodnějších stavebních postupů a metod zejména ve světle rozšiřující se urbanizace krajiny a rychlého růstu už nyní gigantických megapolí, a naopak stagnujících ekonomik a možných klimatických změn. Autoři navrhují, jak mohou architekti, konstruktéři či stavební výroba přispět k prospěšným změnám globální ekonomiky zodpovědným zvažováním a posuzováním všech souvislostí zasahujících do změn kvality životního prostředí a sociálních důsledků. Experti zkoumají, zda je možné přiblížit se či směřovat k „udržitelné“ budoucnosti bez vyvolávání radikálních změn ve stávajících ekonomických systémech.

Ačkoliv je udržitelnost široce vnímána „jako správná věc“ k prosazování, hlavními bariérami, které jí brání v rozšíření ve stavebnictví, je počáteční vysoká cena, ať už vnímaná



nebo reálná. Případové studie a také výzkum představené v knize zpochybňují předpoklady, že udržitelné stavění stojí nutně více a rozebírají zastaralé metody hodnocení rentability budov.

V knize jsou představena nová paradigmatata výstavby a prosperity, která vycházejí ze „spolupráce“ s prostředím, nikoliv s prosazováním se proti němu. Není to však žádný zázračný všelék na ekonomické, sociální a jiné problémy, ale pouze dvě základní strategie: první, krátkodobá, směřující na ekonomické stimuly pro udržitelnou výstavbu a druhá, více holistická, je přístup k nové výstavbě orientovaný méně na zisk a více na sociální a ekologickou udržitelnost.

„The economy of sustainable construction“ je publikace, jejíž vznik byl inspirován 4. mezinárodním Holcim Forem, které se konalo v roce 2013 v indickém Mumbai. Více na [www.holcimawards.org](http://www.holcimawards.org).

„The economy of sustainable construction“ je publikace, jejíž vznik byl inspirován 4. mezinárodním Holcim Forem, které se konalo v roce 2013 v indickém Mumbai. Více na [www.holcimawards.org](http://www.holcimawards.org).

The economy of sustainable construction  
Editoři: Ilka & Andreas Ruby, Nathalie Janson  
Formát: pevná vazba, anglicky, 416 stran, 235 x 175 mm  
Vydalo: Ruby Press: Berlín, 2013  
Cena 39 Eur (bez poštovného)  
ISBN: 978-3-944074-07-8  
možno objednat na: [order@ruby-press.com](mailto:order@ruby-press.com)