

# NÁRAZ SILNIČNÍHO VOZIDLA: OPATŘENÍ PRO SNÍŽENÍ RIZIK, VÝPOČETNÍ METODY A VZOROVÝ PŘÍKLAD

Jakub Holan, \*

Katedra betonových a zděných konstrukcí, Fakulta stavební,  
České vysoké učení technické v Praze, Thákurova 7/2077, 166 29 Praha 6, Česká republika.  
jakub.holan@fsv.cvut.cz

## ABSTRAKT

V dnešní době rostoucího objemu autodopravy roste také riziko záměrného i nezáměrného poškození staveb vlivem nárazu silničního vozidla, a je tedy nutné se věnovat problematice ochrany budov z hlediska mimořádných zatížení způsobených silničními vozidly. V tomto článku jsou nejprve představeny hrozby související s nárazy silničních vozidel a popsány různé druhy opatření pro snížení rizik nárazu. Mezi nejúčinnější opatření patří snížení rychlosti vozidla při nárazu, a to zejména kontrolovaným přístupem, omezením rychlosti vozidel a použitím překážek mezi pozemní komunikací a budovou. V článku jsou dále představeny různé výpočetní metody pro určení zatížení konstrukčního prvku od nárazu a posouzení zatíženého prvku. V závěru článku je pomocí vzorového příkladu stručně představeno použití zjednodušené metody pro posouzení konstrukce vystavené nárazu silničního vozidla.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Náraz • Hrozba • Opatření • Výpočetní metoda • Vzorový příklad

## ABSTRACT

With current increasing volume of road traffic, the risk of intentional and unintentional damage to buildings due to the impacts of a road vehicles also increases. It is therefore necessary to address the issue of structure resistance in terms of accidental loads caused by road vehicles. In the first part of this paper, the threats associated with road vehicle impacts are presented, and different types of protective measures for reducing the risk of impact are summarized. The most effective protective measure is reducing the impact speed of a vehicle, particularly through access control, speed limits, and use of obstacles between the road and the building. This article also presents various methods for determining the impact load on structural members and methods for designing the structural elements. In the last part of the paper, an illustrative example aimed at the design of a structural member loaded by an impact load from a road vehicle is presented.

## KEYWORDS

Impact • Threat • Protective measure • Design method • Illustrative example

## 1. ÚVOD

V dnešní době rychlého demografického růstu a technologického pokroku se výrazně zvětšuje objem autodopravy (více osobních automobilů, autobusů, kamionů atd.), což výrazně zvyšuje riziko závažných dopravních nehod. S rostoucím demografickým růstem také roste geopolitické napětí, s čímž roste i riziko záměrného poškození staveb s cílem velkých ztrát na životech a majetku. Častými cíli těchto útoků jsou velké prostory s velkým množstvím osob jako například letištní a vlakové haly a další objekty kritické infrastruktury. Vzhledem k tomuto rostoucímu riziku záměrného i nezáměrného poškození staveb je nutné se podrobně věnovat problematice ochrany budov z hlediska mimořádných situací. Tento článek se zabývá mimořádnou situací nárazu silničního vozidla do budovy. Cílem článku je popsat hrozby z hlediska nárazů silničních vozidel, opatření pro snížení pravděpodobnosti a intenzity případného nárazu a metody výpočtu mimořádného zatížení způsobeného nárazem silničního vozidla.

## 2. HROZBY

Ačkoliv můžeme mimořádnou situaci nárazu silničního vozidla do objektu dělit na nezáměrný náraz (autonehoda) a záměrný náraz (teroristický útok), toto dělení nemá téměř žádný vliv na stanovení intenzity útoku, velikosti následků a opatření pro zmírnění rizik. V obou těchto případech řešíme stav, kdy vozidlo ohrožuje chráněné zájmy, mezi které většinou patří zejména

- životy a zdraví osob,
- nosné konstrukce budov,
- hmotný majetek a další cenná aktiva.

Pro ochranu těchto cílů lze aplikovat velké množství různých opatření, která budou rozebrána v další kapitole.

## 3. OPATŘENÍ PRO SNÍŽENÍ RIZIK

Rizika spojená s nárazem silničního vozidla závisí na mnoha faktorech jako jsou rychlost vozidla, hmotnost vozidla, úhel nárazu, typ zasažené konstrukce (např. protinárazová bariéra, plášť budovy, nosná konstrukce budovy) atd. Jedním

---

\* Školitel: Ing. Radek Štefan, Ph.D.

z nejdůležitějších faktorů je rychlost vozidla při nárazu, jelikož se zvyšující rychlostí kvadraticky roste zatížení konstrukce nárazem. Rychlost vozidla je však zároveň jeden z nejsnadněji ovlivnitelných faktorů. Mezi neúčinnější způsoby snížení rizik spojených s nárazem vozidla patří následující opatření (řazená obecně od nejbezpečnějšího a neúčinnějšího):

- kontrolovaný přístup do areálu a dohled nad chráněným prostorem,
- omezení rychlosti projíždějících vozidel,
- použití přirozených překážek pro zamezení přístupu nebo snížení rychlosti vozidla před nárazem,
- použití protinárazových bariér pro zastavení vozidla,
- návrh konstrukce objektu na mimořádné zatížení nárazem.

Vzhledem k tomu, že je téměř nemožné zcela zabránit nárazům v plném rozsahu, cílem ochranných opatření je zejména snížit pravděpodobnost a intenzitu nárazu.

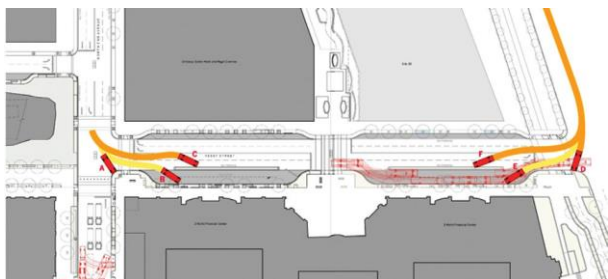
### 3.1. Kontrola přístupu do areálu

Omezením přístupu do chráněného prostoru, k chráněnému objektu nebo k nosným konstrukcím objektu může být eliminováno riziko záměrného nárazu a výrazně sníženo riziko nezáměrného nárazu. Přístup lze omezit použitím kontrolovaných vjezdů (vjezd pomocí čipových karet), vrátnic s obsluhou nebo vstupních bran.

### 3.2. Omezení rychlosti projíždějících vozidel

Jedním z neúčinnějších a nejefektivnějších způsobů snížení rizika nárazu je přirozené snížení rychlosti všech vozidel projíždějících v okolí chráněného prostoru. Výhodou snížení rychlosti je zejména větší ochrana životů a zdraví chodců a menší hodnota zatížení nárazem, na kterou musejí být navrženy případné protinárazové bariéry a konstrukce budovy. Rychlost vozidel lze omezit například pomocí následujících opatření (DHS 2011, FEMA 2003).

- Zakřivení vedení pozemní komunikace tak, aby nebyl umožněn přístup k objektu po dlouhé rovné komunikaci, čímž nebude vozidlu umožněno dosáhnout vysoké rychlosti před nárazem
- Umístění chráněného prostoru ve vztahu k pozemní komunikaci tak, aby k případnému nárazu došlo pod co nejmenším úhlem – viz Obrázek 1.
- Použití zpomalovacích prahů, zvýšených přechodů pro chodce, kruhových objezdů a dalších konstrukcí na pozemní komunikaci pro omezení nepřerušované přímé jízdy.

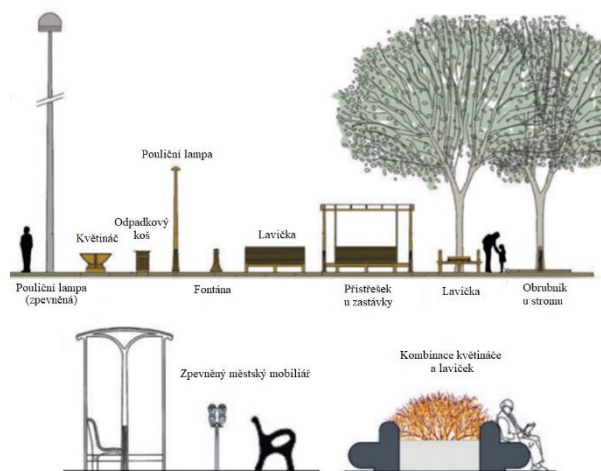


Obrázek 1: Analýza rizika nárazu vozidla z hlediska rychlosti vozidla a přístupových cest (převzato z (DHS 2011)).

### 3.3. Přirozené překážky

Další opatření vhodná pro snížení rizika nárazu spočívají ve vytvoření přirozených překážek mezi pozemní komunikací a chráněným prostorem. Tyto překážky mohou sloužit buď k úplnému zamezení přístupu vozidlem k objektu nebo k snížení rychlosti vozidla před nárazem. Tato opatření jsou jedna z nejpoužívanější díky tomu, že mají relativně nízké náklady na pořízení, jsou použitelné ve většině případů a často plní i další funkce – viz Obrázek 2. Mezi tato opatření patří dle (FEMA 2007) zejména

- zvýšené obrubníky a zemní násypy pro zamezení možnosti vybočení z pozemní komunikace,
- výkopy, příkopy a ha-ha příkopy,
- vodní překážky,
- plochy pokryté hustou vegetací,
- stromy a zpevněné osvětlení,
- ploty a zdi,
- sochy, pomníky, fontány, betonové květináče, městský mobiliář a další těžké dekorativní předměty.



Obrázek 2: Příklad využití přirozených překážek (převzato z (FEMA 2003)).

### 3.4. Protinárazové bariéry

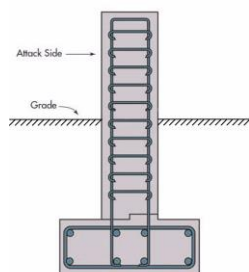
V případech, kdy nelze použít výše uvedená opatření (např. z důvodu omezeného prostoru) nebo tato opatření nesnižují riziko nárazu na dostatečně nízkou úroveň, je možné využít prvky speciálně určené pouze pro ochranu proti nárazu – tj. protinárazové bariéry. Protinárazové bariéry slouží k tomu, aby vozidlo narazilo právě do nich, a nikoliv do chodců nebo chráněného objektu. Protinárazové bariéry musí být účinné ve své úloze bránit přístupu k chráněnému objektu, zároveň by však měly splňovat architektonické požadavky tak, aby nebyla nepřiměřeně narušena estetika prostoru, pohyb chodců a vozidel apod. Protinárazové bariéry se většinou navrhuje u nejdůležitějších prostorů a budov, a většinou se navrhuje tak, aby zcela zastavily jedoucí vozidlo o předepsané rychlosti. Konstrukční řešení bariéry se tedy odvíjí od předpokládané intenzity nárazu a požadované ochrany objektu. Protinárazové

bariéry se dělí na fixní (pasivní) bariéry a pohyblivé (aktivní bariéry) (FEMA 2003).

#### 3.4.1. Pasivní bariéry

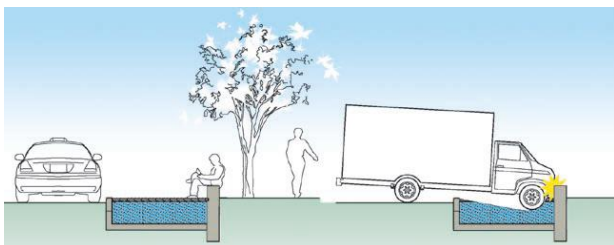
Pasivní bariéry jsou pevně instalovány na daných místech a neumožňují vjezd vozidla. Slouží tedy k zabránění vjezdu do chráněné oblasti. Mezi nejčastěji používané pasivní bariéry patří dle (DHS 2011)

- pevné patníky (Fixed Bollards),
- betonové zábrany (Jersey Barriers),
- zapuštěné zídky (Knee Walls).



Obrázek 3: Pasivní bariéry – fixní patníky (vlevo) a zapuštěná zídka (vpravo) (převzato z (FEMA 2007)).

Novým moderním typem pasivní bariéry je takzvaná Tiger-Trap bariéra. Výhodou této bariéry je to, že je vysoce efektivní a zároveň nenarušuje veřejný prostor. Tato bariéra je v zásadě velký otvor v zemi, který je zakryt prvkem s dostatečnou únosností při působení účinků zatížení od chodců, ale nedostatečnou únosností při působení účinků zatížení od dopravy. V případě vjezdu vozidla nad tuto bariéru se vozidlo propadne a zastaví o podzemní zeď. Nevýhodou této bariéry je vysoké riziko pro vozidla složek integrovaného záchranného systému.



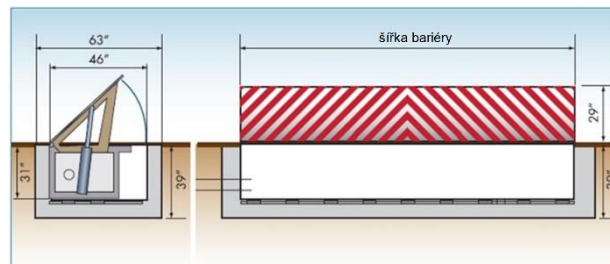
Obrázek 4: TigerTrap bariéra (převzato z (FEMA 2007)).

#### 3.4.1. Aktivní bariéry

Aktivní bariéry jsou bariéry, které mohou být ovládnuty tak, aby buď umožnily vjezd nebo zamezily vjezdu vozidla do chráněného prostoru, a využívají se většinou v místech kontrolovaného vjezdu do chráněného prostoru. Aktivní bariéry jsou mechanická zařízení doprovázena vhodným značením, světelnými signály, vrátnicemi a bezpečnostními

pracovníky. Mezi nejčastěji používané aktivní bariéry patří dle (FEMA 2007)

- výsuvné patníky (Retractable Bollards),
- zvedací klínové bariéry (Rising Wedge Barriers),
- otočné klínové bariéry (Rotating Wedge Barriers),
- padací závory (Drop Arm Crash Beams),
- posuvné brány (Crash Gates),
- povrchově montované klínové bariéry (Surface-mounted Wedge Barriers).



Obrázek 5: Otočná klínová bariéra (převzato z (FEMA 2007)).

## 4. VÝPOČET ZATÍŽENÍ A POSOUZENÍ KONSTRUKCE

Navržením vhodných ochranných opatření lze výrazně snížit riziko vjezdu vozidla do chráněného prostoru a nárazu vozidla do objektu. V případech, kdy však není možné zcela eliminovat riziko nárazu, je nutné konstrukci navrhnout a posoudit s ohledem na riziko nárazu. Riziko nárazu závisí na předpokládané pravděpodobnosti nárazu, důležitosti objektu a intenzitě nárazu. Intenzita nárazu závisí zejména na hmotnosti vozidla, rychlosti vozidla před nárazem a deformačních vlastnostech vozidla a konstrukce (ČSN EN 1991-1-7). Intenzita rovněž závisí na úhlu nárazu, konstrukci vozidla a pohybu vozidla po nárazu. Intenzita nárazu pak udává velikost uvažovaného mimořádného zatížení nárazem.

Norma ČSN EN 1991-1-7 uvádí, že zatížení od nárazu se musí stanovit pro všechny stavby, ve kterých jsou povolena vozidla, a stavby v blízkosti pozemních komunikací. Norma dále dělí důležitosti objektů do tříd CC1 až CC3, kde

- CC1 – nevyžadují žádná zvláštní opatření,
- CC2 – musí být navrženy na účinky nárazu a lze použít zjednodušený výpočet pomocí metody staticky ekvivalentních sil.
- CC3 – musí být navrženy na účinky nárazu a je nutné použít zdokonalené metody (např. dynamická analýza a konečně-prvkové nelineární metody).

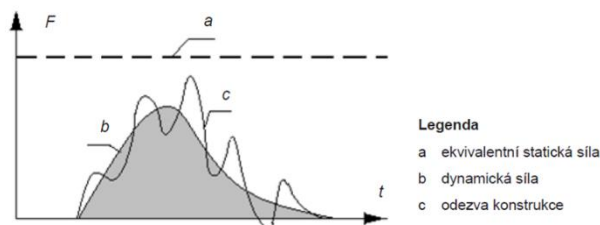
Pro návrh a posouzení konstrukce je většinou používán jeden ze tří základních postupů blíže popsanych níže v závislosti na důležitosti objektu a požadovaném stupni ochrany objektu.

### 4.1. Metoda ekvivalentních sil

Nejjednodušším přístupem k návrhu a posouzení konstrukce z hlediska nárazu je metoda ekvivalentních sil (DHS 2011, ČSN EN 1991-1-7, ČSN P 14383), kde je náraz vozidla převeden na statické zatížení vyvolávající ekvivalentní účinky v konstrukci (viz Obrázek 6) a účinky statického zatížení jsou porovnány s maximální únosností prvku (např. s maximálním

ohybový momentem) nebo s maximální dovolenou deformací prvku (ČSN EN 1991-1-7).

Tato metoda nebere v úvahu množství rozptýlené energie při nárazu vozidla, což často vede k návrhu zbytečně masivních konstrukcí.



Obrázek 6: Vztah mezi dynamickou silou a ekvivalentní statickou silou od nárazu (převzato z ČSN EN 1991-1-7).

Norma ČSN EN 1991-1-7 uvádí Tabulku 1 pro určení ekvivalentních sil od nárazu vozidel do důležitých nosných konstrukcí v závislosti na typu pozemní komunikace. Norma uvádí ekvivalentní sílu ve směru jízdy a sílu ve směru kolmém na směr jízdy s tím, že účinek těchto sil se má uvažovat zvlášť (a nikoliv současně).

Tabulka 1: Návrhové hodnoty staticky ekvivalentních sil.

Kategorie pozemní komunikace	Síla $F_{0x}$ <sup>a)</sup> [kN]	Síla $F_{0y}$ <sup>a)</sup> [kN]
Dálnice a hlavní silnice	1 000	500
Ostatní silnice	750	375
Místní komunikace	500	250
Uzavřené plochy a budovy s hromadnými garážemi s přístupem:		
– osobních vozidel	50	25
– těžkých vozidel <sup>b)</sup>	150	75

<sup>a)</sup>  $x$  = směr jízdy,  $y$  = kolmo na směr jízdy.  
<sup>b)</sup> Termín „těžké vozidlo“ se vztahuje k vozidlům o celkové maximální hmotnosti větší než 3,5 tuny.

Při vyšetřování nárazu na konstrukci se má uvažovat, že ekvivalentní síla působí na ploše

- pro těžká vozidla:  $0.5 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$  ( $h \times b$ ) ve výšce 0.5 m až 1.5 m,
- pro osobní vozidla:  $0.25 \text{ m} \times 1.5 \text{ m}$  ( $h \times b$ ) ve výšce 0.5 m.

Norma ČSN P CEN/TR 14383-8 uvádí přímo vztahy a tabulky pro výpočet kinetických energií uvolněných při nárazech vozidel a odpovídající statické zatížení. Z daných vztahů a tabulek lze odvodit vztah pro výpočet ekvivalentní statické síly při nárazu vozidla o konstantní rychlosti

$$F = \frac{m}{4} v_r^2 \quad (4.1)$$

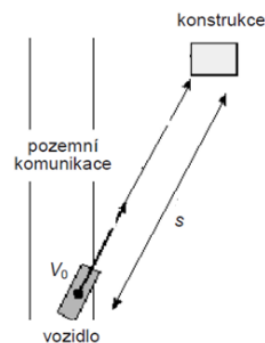
kde  $F$  je ekvivalentní statické zatížení v kN,  
 $m$  je hmotnost vozidla v kg,  
 $v_r$  je rychlost vozidla při nárazu v m/s.

Norma ČSN EN 1991-1-7 udává pro výpočet rychlosti vozidla při nárazu vztah

$$v_r = \sqrt{v_0^2 - 2as} \quad (4.2)$$

kde  $v_0$  je rychlost vozidla při opuštění jízdního pruhu,  
 $a$  je průměrné zpomalení vozidla po opuštění jízdního pruhu,  
 $s$  je vzdálenost mezi místem, kde vozidlo opustilo jízdní pruh, a zasaženou konstrukcí – viz Obrázek 7.

Norma ČSN EN 1991-1-7 dále udává, že pro správné zohlednění uvážení možných statických tažných a tlačných sil musí být konstrukce navrženy na rychlost při nárazu minimálně 20 km/h.



Obrázek 7: Grafické znázornění vztahu mezi vozidlem, pozemní komunikací a řešenou budovou (převzato z ČSN EN 1991-1-7).

## 4.2. Energetické metody

Energetické metody jsou obecně složitější, podrobnější a méně konzervativní než metoda ekvivalentních sil. Tyto metody berou v potaz rozptýlení energie vlivem elastické a plastické deformace konstrukce. Výsledky však stále mohou být konzervativní, jelikož tyto metody většinou neberou v potaz deformaci samotného vozidla (DHS 2011).

### 4.2.1. Dynamická analýza

Dynamická analýza je nejvíce používanou energetickou metodou pro posouzení nárazu.

Podle normy ČSN EN 1991-1-7 je dynamickou analýzu třeba provést v případech, kdy se očekává, že nárazové síly způsobené různými typy těžkých vozidel mohou vyvolat významnou odezvu konstrukce. Při výpočtech je možné předpokládat že narážející těleso pohltí všechnu energii (tvrdý náraz), což vede ke konzervativním výsledkům (ČSN EN 1991-1-7).

Pro tvrdý náraz lze dynamickou nárazovou sílu dle ČSN EN 1991-1-7 stanovit pomocí vztahu

$$F_d = v_r \sqrt{km} \quad (4.3)$$

kde  $v_r$  je rychlost vozidla při nárazu dle (4.2),

$k$  je ekvivalentní tuhost vozidla,

$m$  je hmotnost narážejícího vozidla.

Dynamickou nárazovou sílu lze dle ČSN EN 1991-1-7 rovněž stanovit pomocí vztahu

$$F = F_0 \sqrt{v_0^2 - 2as} \quad (4.4)$$

kde  $F_0$  je základní dynamická nárazová síla – viz Tabulka 2,

$v_0$ ,  $a$ ,  $s$  jsou uvedené výše.

Norma ČSN EN 1991-1-7 uvádí tabulku s doporučenými hodnotami pro výpočet dynamické nárazové síly (viz Tabulka 2) s tím, že lze použít odlišné hodnoty, jsou-li k dispozici přesnější informace.



Tabulka 2: Návrhové hodnoty pro výpočet dynamické síly.

Kategorie pozemní komunikace	Hmotnost $m$ [kg]	Rychlost $v_0$ [km/h]	Zpomalení $a$ [m/s <sup>2</sup> ]	Nárazová síla založená na (C.1), kde $v_r = v_0$ $F_0$ [kN]	Vzdálenost $d_0^{8)}$ [m]
Dálnice	30 000	90	3	2 400	20
Silnice v městských oblastech <sup>9)</sup>	30 000	50	3	1 300	10
Uzavřené plochy pro:					
– osobní vozidla	1 500	20	3	120	2
– těžká vozidla	30 000	15	3	500	2
Hromadné garáže					
– pouze osobní vozidla	1 500	10	3	60	1

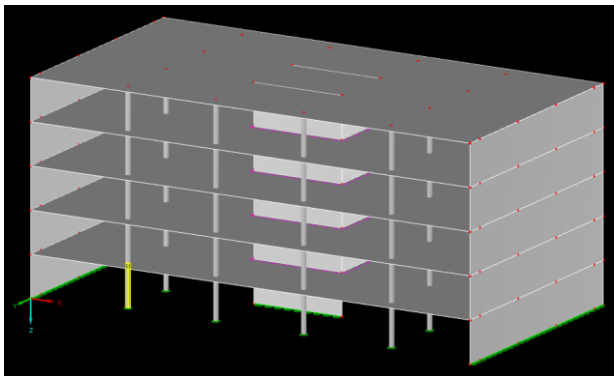
<sup>8)</sup> Hodnota  $d_0$  může být násobena 0,6 pro sklon svahu vzhůru, resp. 1,6 pro sklon svahu dolů (viz obrázek C.2).  
<sup>9)</sup> Pozemní komunikace s omezenou rychlostí na 50 km/h.

### 4.3. Nelineární MKP

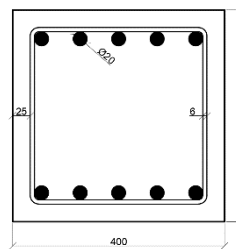
Pokročilé konečně-prvkové nelineární metody jsou jako jediné schopny dostatečně přesně popsat skutečné chování konstrukce při nárazu vozidla. Pomocí těchto metod lze přesně uvážit jak vlastnosti celého konstrukčního systému, tak rozptýlení energie vlivem deformace konstrukce i vozidla. Metody rovněž umožňují uvážit skutečnou rychlost vozidla, úhel nárazu, rozměry a hmotnost vozidla a další. Vzhledem ke komplexnosti výpočtů je však nutné použít modely validovat pomocí experimentálních zkoušek. Náklady spojené s použitím těchto metod jsou výrazně vyšší než v případě použití výše uvedených jednodušších metod. Výhodou této pokročilé metody je však to, že výsledky mnohem lépe odpovídají skutečnosti a návrh často vede k ekonomičtějším řešením (DHS 2011).

### 5. VZOROVÝ PŘÍKLAD

V rámci vzorového příkladu je posuzován sloup v INP konstrukce vícepodlažní budovy na účinky nárazu vozidla – viz Obrázek 8. Budova je zařazena do třídy důležitosti CC2. Navržený železobetonový sloup má průřezové rozměry 400 mm × 400 mm, je vyztužen pruty 10 × ø20 mm (5 × ø20 mm u každého povrchu) a je tvořen betonem C30/37 – viz Obr. 9. Výška sloupu je 4.5 m. Sloup je umístěn ve vzdálenosti  $s = 25$  m od místní pozemní komunikace s rychlostí omezenou na 50 km/h.



Obrázek 8: Axinometrický pohled na model budovy.



Obrázek 9: Průřez sloupu.

Dle Tabulky 2 je pro danou situaci vhodné uvažovat návrhové hodnoty:

- hmotnost vozidla  $m = 30\,000$  kg,
- rychlost vozidla  $v_0 = 50$  km/h = 13.89 m/s,
- zpomalení  $a = 3$  m/s<sup>2</sup>.

Pomocí vzahu (4.2) můžeme stanovit rychlost vozidla při nárazu

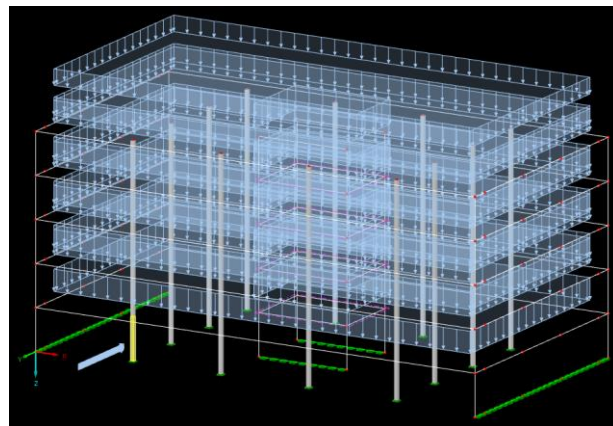
$$v_r = \sqrt{v_0^2 - 2as} = \sqrt{13.89^2 - 2 \cdot 3 \cdot 25} = 6.55 \text{ m/s.}$$

Ekvivalentní statickou sílu při nárazu vozidla o konstantní rychlosti pak stanovíme jako

$$F = \frac{m}{4} v_r^2 = \frac{30\,000}{4} 6.55^2 = 321.8 \text{ kN.}$$

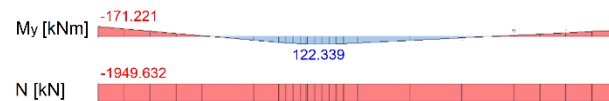
Pro vyšetřování účinků nárazu na konstrukci uvažujeme dle ČSN EN 1991-1-7, že síla působí na sloup na ploše 0.5 m × 0.3 m ( $h \times b$ ) ve výšce 1.5 m.

Sloup dané konstrukce je tedy kromě svislého zatížení od horní konstrukce zatížen také vodorovnou ekvivalentní silou od nárazu vozidla – viz Obrázek 10.



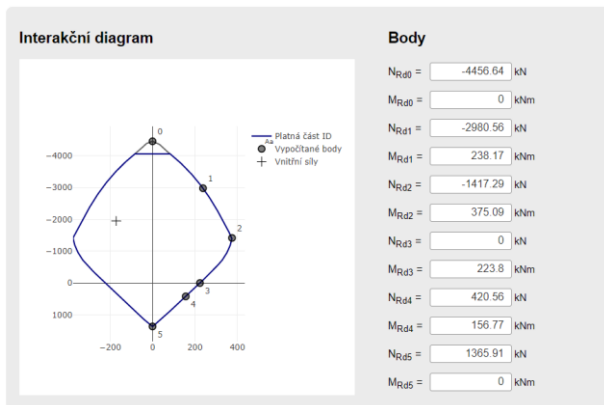
Obrázek 10: Zatížení sloupu svislým zatížením a zatížením od nárazu.

Pro zadanou konstrukci a zadané zatížení jsou vypočítány vnitřní síly pomocí programu DLUBAL RFEM – viz Obrázek 9.

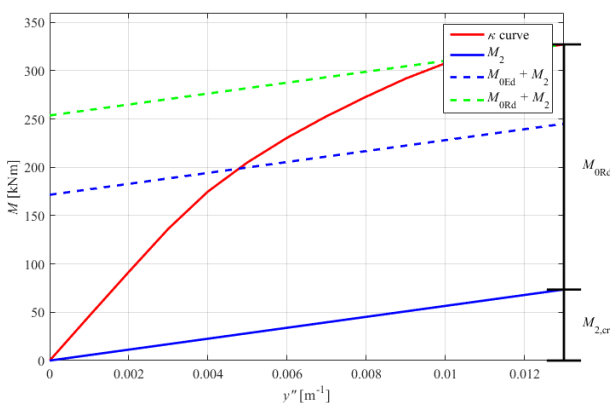


Obrázek 11: Ohybový moment a normálová síla ve sloupu při nárazu vozidla (pata sloupu je vlevo).

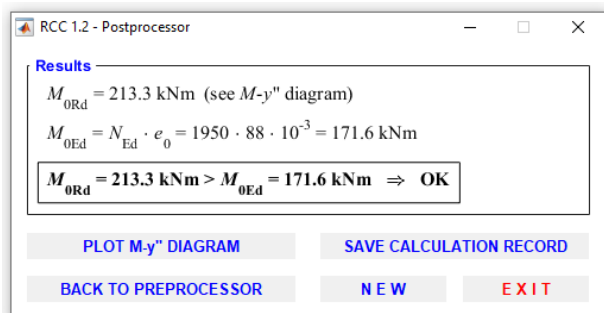
Zadaný sloup je posouzen na účinky první řádu pomocí interakčního diagramu průřezu – viz Obrázek 12. Pro největší vypočtené hodnoty vnitřních sil ( $N_{Ed} = -1950$  kN a  $M_{Ed} = -171$  kNm) sloup vyhovuje. Zadaný sloup je dále posouzen na účinky první a druhého řádu pomocí metody založené na jemnovité křivosti dle (EC2-1-1 2006) – viz Obrázek 13 a 14. Pro největší vypočtené hodnoty vnitřních sil prvního řádu ( $N_{Ed} = -1950$  kN a  $M_{Ed} = -171$  kNm) sloup vyhovuje. Lze tedy předpokládat, že sloup zadané konstrukce vyhovuje z hlediska předpokládaného rizika nárazu vozidla.



Obrázek 12: Interakční diagram zadaného průřezu s vynesím působících vnitřních sil.



Obrázek 13: Graf moment-křivost zadaného průřezu včetně vyznačení účinků momentu prvního a druhého řádu (graf vytvořen v programu RCC 1.2).



Obrázek 14: Posouzení průřezu na účinky momentů prvního a druhého řádu pomocí programu RCC 1.2.

## 6. ZÁVĚR

V tomto článku byly prezentovány výsledky studie zaměřené na nárazy silničních vozidel do nosných konstrukcí budov. V rámci tohoto článku byly nejprve představeny hrozby související s nárazy silničních vozidel. Dále byly popsány různé druhy opatření pro snížení rizika nárazu. Mezi nejúčinnější opatření patří snížení rychlosti vozidla při nárazu, a to zejména kontrolovaným přístupem, omezením rychlosti vozidel a použitím překážek mezi pozemní komunikací a budovou. Dále byly představeny různé výpočetní metody pro určení zatížení od nárazu a posouzení konstrukce vystavené nárazu. V závěru článku bylo pomocí vzorového příkladu stručně představeno použití zjednodušené metody pro posouzení konstrukčního prvku konstrukce vystavené nárazu.

## PODĚKOVÁNÍ

Tato práce byla podpořena grantem Studentské grantové soutěže ČVUT č. SGS21/040/OHK1/1T/11.

## Reference

- Department of Home Land Security (2011), Buildings and Infrastructure Protection Series: Reference Manual to Mitigate Potential Terrorist Attacks Against Buildings, FEMA-426/BIPS-06.
- Federal Emergency Management Agency (2003), Risk Management Series: Primer for Design of Commercial Buildings to Mitigate Terrorist Attacks, FEMA-427.
- Federal Emergency Management Agency (2007), Risk Management Series: Site and Urban Design for Security Guidance Against Potential Terrorist Attacks, FEMA-430.
- ČSN EN 1991-1-7 (2007), Eurokód 1: Zatížení konstrukcí - Část 1-7: Obecná zatížení - Mimořádná zatížení, ČNI.
- ČSN P CEN/TR 14383-8 (2011), Prevence kriminality - Plánování městské výstavby a navrhování budov - Část 8: Ochrana budov a prostorů před kriminálními útoky páchanými pomocí vozidel, ČNI.
- ČSN EN 1992-1-1 (2020), Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí – Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby, ÚNMZ.