

**Ministerstvo dopravy, výstavby a regionálneho rozvoja SR
Sekcia cestnej dopravy a pozemných komunikácií**

TP 02/2016

**TECHNICKÉ PODMIENKY
ZAŤAŽITEL'NOSŤ CESTNÝCH MOSTOV A LÁVOK**

účinnosť od: 01.05.2016

OBSAH

1	Úvodná kapitola	4
1.1	Vzájomné uznávanie	4
1.2	Predmet technických podmienok (TP)	4
1.3	Účel TP	4
1.4	Použitie TP	4
1.5	Vypracovanie TP	4
1.6	Distribúcia TP	4
1.7	Účinnosť TP	4
1.8	Nahradenie predchádzajúcich predpisov	5
1.9	Súvisiace a citované právne predpisy	5
1.10	Súvisiace a citované normy	5
1.11	Súvisiace a citované technické predpisy a podmienky	5
1.12	Súvisiace zahraničné predpisy	6
1.13	Použitá literatúra	6
1.14	Použité skratky	6
2	Všeobecne	6
2.1	Zaťažiteľnosť mostov	6
2.2	Stanovenie zaťažiteľnosti	6
2.3	Kategórie zaťažiteľnosti mostov	6
2.4	Faktor normálnej zaťažiteľnosti a normálna zaťažiteľnosť	7
2.5	Zaťažiteľnosť na jednu nápravu	7
2.6	Výhradná zaťažiteľnosť	7
2.7	Výnimočná zaťažiteľnosť	7
2.8	Normálna zaťažiteľnosť lávok pre peších a cyklistov	7
2.9	Zaťažiteľnosť na prevádzkovaných objektoch	7
2.10	Opakované stanovenie zaťažiteľnosti	7
2.11	Overenie zaťažiteľnosti	8
3	Podklady pre stanovenie zaťažiteľnosti	8
3.1	Všeobecne	8
3.2	Základné podklady na stanovenie zaťažiteľnosti mosta	8
3.3	Doplňujúce podklady na stanovenie zaťažiteľnosti mosta	8
3.4	Všeobecné dokumenty na stanovenie zaťažiteľnosti mosta	8
3.5	Prehliadka a diagnostický prieskum pred stanovením zaťažiteľnosti	8
3.6	Zaťažovacie skúšky	8
4	Výpočet zaťažiteľnosti	9
4.1	Zaťaženia	9
4.2	Materiály a základová pôda	9
4.3	Predpätie	10
4.4	Výpočtový model konštrukcie mosta	10
5	Diagnostický prieskum pre stanovenie zaťažiteľnosti	10
5.1	Všeobecne	10
5.2	Geometrické parametre	10
5.3	Statické pôsobenie	10
5.4	Materiálové charakteristiky	11
5.5	Veľkosť predpätia	11
6	Náhradný statický výpočet	11
6.1	Použitie náhradného statického výpočtu	11
6.2	Podklady pre náhradný statický výpočet	11
6.3	Postup pri náhradnom statickom výpočte	11
7	Zaťažovacie skúšky	11
7.1	Všeobecne	11
7.2	Študijná zaťažovacia skúška	11
7.3	Overovacia zaťažovacia skúška	12
8	Všeobecné zásady pre výpočet zaťažiteľnosti	12
8.1	Všeobecne	12
8.2	Kombinácie zaťažení pre medzné stavy únosnosti	12
8.3	Kombinácie zaťažení pre medzné stavy používateľnosti	13
9	Schémy dopravného zaťaženia pre výpočet zaťažiteľnosti	14

9.1	Faktor normálnej zaťažiteľnosti a normálna zaťažiteľnosť	14
9.2	Zaťažiteľnosť na jednu nápravu	15
9.3	Výhradná zaťažiteľnosť	16
9.4	Výnimočná zaťažiteľnosť	16
9.5	Zaťažiteľnosť lávok pre cyklistov a peších	17
10	Posúdenie na únavu	17
11	Postup pri výpočte zaťažiteľnosti	18
11.1	Faktor normálnej zaťažiteľnosti a normálna zaťažiteľnosť	18
11.2	Zaťažiteľnosť na jednu nápravu	18
11.3	Výhradná zaťažiteľnosť	18
11.4	Výnimočná zaťažiteľnosť	18
12	Stanovenie zaťažiteľnosti vzhľadom na konštrukčný materiál mosta	19
12.1	Parciálne súčinitele spoľahlivosti pre konštrukčné materiály mostov	19
12.2	Betónové mosty	19
12.3	Oceľové a oceľobetónové mosty	19
12.4	Drevené mosty	19
12.5	Murované mosty	19
13	Stanovenie zaťažiteľnosti vzhľadom na históriu mosta	19
13.1	Všeobecne	19
13.2	Projektované nové mosty	19
13.3	Mosty uvádzané do prevádzky	20
13.4	Mosty v prevádzke navrhnuté podľa STN EN	20
13.5	Mosty v prevádzke navrhnuté podľa STN, ČSN prípadne podľa iných predpisov	20
14	Evidencia zaťažiteľnosti	20
14.1	Všeobecne	20
14.2	Povinnosti zhotoviteľa projektovej dokumentácie mostov	20
15	Vyznačenie zaťažiteľnosti na mostoch	21
Príloha 1 (informatívna) Príklad stanovenia zaťažiteľnosti mosta z podmienok spoľahlivosti		23
P 1.1 Všeobecne		23
P 1.2 Výpočet zaťažiteľnosti podľa medzných stavov únosnosti nepredpätých mostov		23

1 Úvodná kapitola

1.1 Vzájomné uznávanie

V prípadoch, kedy táto špecifikácia stanovuje požiadavku na zhodu s ktoroukoľvek časťou slovenskej normy ("Slovenská technická norma") alebo inej technickej špecifikácie, možno túto požiadavku splniť zaistením súladu s:

- (a) normou alebo kódexom osvedčených postupov vydaných vnútroštátnym normalizačným orgánom alebo rovnocenným orgánom niektorého zo štátov EHP a Turecka;
- (b) ktoroukoľvek medzinárodnou normou, ktorú niektorý zo štátov EHP a Turecka uznáva ako normu alebo kódex osvedčených postupov;
- (c) technickou špecifikáciou, ktorú verejný orgán niektorého zo štátov EHP a Turecka uznáva ako normu; alebo
- (d) európskym technickým posúdením vydaným v súlade s postupom stanoveným v nariadení (EÚ) č. 305/2011.

Vyššie uvedené pododseky sa nebudú uplatňovať, ak sa preukáže, že dotknutá norma nezaručuje náležitú úroveň funkčnosti a bezpečnosti alebo technického pokroku.

„Štát EHP“ a Turecko znamená štát, ktorý je zmluvnou stranou dohody o Európskom hospodárskom priestore podpísanej v meste Porto dňa 2. mája 1992, v aktuálne platnom znení.

“Slovenská norma” (“Slovenská technická norma”) predstavuje akúkoľvek normu vydanú Úradom pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky vrátane prevzatých európskych alebo iných medzinárodných noriem.

1.2 Predmet technických podmienok (TP)

Predmetom týchto TP sú zásady a postupy pre stanovenie zaťažiteľnosti mostov a lávok pre peších a cyklistov na pozemných komunikáciách, pričom je zohľadnené určenie zaťažiteľnosti podľa platných európskych noriem pri nových mostoch a rekonštrukciách starých mostov.

1.3 Účel TP

Zaťažiteľnosť mostov a lávok patrí k dôležitým evidenčným údajom, ktoré vyjadrujú nakoľko konštrukcia spĺňa požiadavky noriem EN a najväčšiu hmotnosť vozidiel, ktorých prejazd je možné pripustiť na most za daných podmienok.

1.4 Použitie TP

Tieto TP sa použijú pri stanovení určovaní zaťažiteľnosti pri nových mostoch a rekonštrukciách starých cestných mostov a lávok na diaľniciach, rýchlostných cestách a cestách I., II. a III. triedy a miestnych komunikáciách. TP slúžia aj na prepočet zaťažiteľnosti všetkých mostov, ktorým bola zaťažiteľnosť stanovená inými spôsobmi (iné použité normy, iné zaťažovacie schémy, odbornými odhadmi), ako uvádza aktuálny predpis.

1.5 Vypracovanie TP

Tieto TP na základe objednávky Slovenskej správy ciest (SSC) vypracovala spoločnosť VÚIS Mosty, s.r.o., Gogoľova 18, 851 01 Bratislava.

Zodpovedný riešiteľ – Ing. Ján Kucharík, CSc., tel. č.: +421 0903 752 596, e-mail: kucharik.vuismosty@stonline.sk.

1.6 Distribúcia TP

Elektronická verzia TP sa po schválení zverejní na webovej stránke SSC: www.ssc.sk (technické predpisy rezortu) a na webovej stránke MDVRR SR: www.mindop.sk (doprava, cestná doprava, cestná infraštruktúra, technické predpisy).

1.7 Účinnosť TP

Tieto TP nadobúdajú účinnosť dňom uvedeným na titulnej strane.

1.8 Nahradenie predchádzajúcich predpisov

Tieto TP nahrádzajú USM 1/2012 Zaťažiteľnosť mostov, MDVRR SR z roku 2012 v celom rozsahu.

1.9 Súvisiace a citované právne predpisy

- [Z1] Zákon č. 135/1961 Zb. o pozemných komunikáciách (cestný zákon), v znení neskorších predpisov;
- [Z2] zákon č. 8/2009 Z. z. o cestnej premávke a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov;
- [Z3] vyhláška MV SR č. 9/2009 Z. z., ktorou sa vykonáva zákon o cestnej premávke a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov;
- [Z4] nariadenie vlády SR č. 349/2009 o najväčších prípustných rozmeroch vozidiel a jazdných súprav, najväčších prípustných hmotnostiach vozidiel a jazdných súprav, ďalších technických požiadavkách na vozidlá a jazdné súpravy v súvislosti s hmotnosťou a rozmermi a o označovaní vozidiel a jazdných súprav.

1.10 Súvisiace a citované normy

STN 73 6209	Zaťažovacie skúšky mostov
STN EN 1990 (73 0031)	Eurokód. Zásady navrhovania konštrukcií
STN EN 1991-1-1 (73 0035)	Eurokód 1. Zaťaženia konštrukcií. Časť 1-1: Všeobecné zaťaženia. Objemová tiaž, vlastná tiaž a úžitkové zaťaženia budov
STN EN 1991-1-7 (73 0035)	Eurokód 1. Zaťaženia konštrukcií. Časť 1-7: Všeobecné zaťaženia. Mimoriadne zaťaženia
STN EN 1991-2	Eurokód 1. Zaťaženia konštrukcií. Časť 2: Zaťaženie mostov dopravou
STN EN 1992-1-1 až STN EN 1992-3 (73 1201)	Eurokód 2. Navrhovanie betónových konštrukcií
STN EN 1993-1-1 až STN EN 1993-2, STN EN 1993-5 (73 1401)	Eurokód 3. Navrhovanie oceľových konštrukcií
STN EN 1994-1-1 až STN EN 1994-2 (73 2089)	Eurokód 4. Navrhovanie spriahnutých oceľobetónových konštrukcií
STN EN 1995-1-1 až STN EN 1995-2 (73 1701)	Eurokód 5. Navrhovanie drevených konštrukcií
STN EN 1996-1-1 až STN EN 1996-3 (73 0851)	Eurokód 6. Navrhovanie murovaných konštrukcií
STN EN 1997-1-1 až STN EN 1997-2 (73 0091)	Eurokód 7. Navrhovanie geotechnických konštrukcií
STN ISO 13822 (73 0038)	Zásady navrhovania konštrukcií. Hodnotenie existujúcich konštrukcií

Poznámka: Súvisiace a citované normy vrátane aktuálnych zmien, dodatkov a národných príloh.

1.11 Súvisiace a citované technické predpisy a podmienky

- [T1] TP 03/2006 Dokumentácia stavieb ciest, MDPT SR: 2006;
- [T2] TP 07/2012 Zadávanie a výkon diagnostiky mostov, MDVRR SR: 2012;
- [T3] TP 08/2012 Prehliadky, údržba a opravy cestných komunikácií. Mosty, MDVRR SR: 2012;
- [T4] TP 09/2012 Katalóg porúch mostných objektov na diaľniciach, rýchlostných cestách a cestách I., II. a III. triedy, MDVRR SR: 2012;
- [T5] TP 12/2013 Evidencia cestných mostov a lávok, MDVRR SR: 2013.

1.12 Súvisiace zahraničné predpisy

- [T6] TP 199 Zaťažiteľnosť zděných klenbových mostů. Technické podmínky, MD ČR: 2008;
 [T7] TP 200 Stanovení zatížitelnosti mostů PK navržených podle norem a předpisů platných před účinností EN. Technické podmínky, MD ČR: 2008;
 [T8] ČSN 73 6222 Zaťažiteľnosť mostů pozemních komunikací. ÚNMZ: 2013.

1.13 Použitá literatúra

- [L1] Benko, V., Halvoník, J., Holický, M., Marková, J.: *Průručka k STN EN 1990 Zásady navrhovania konštrukcií*, SUTN: 2006.

1.14 Použité skratky

Používané sú skratky podľa citovaných noriem a nasledujúce:

F_z	Faktor normálnej zaťažiteľnosti
V_n	Normálna zaťažiteľnosť v t
V_r	Výhradná zaťažiteľnosť v t
V_e	Výnimočná zaťažiteľnosť v t
V_j	Zaťažiteľnosť na jednu nápravu v t
V	Zaťažiteľnosť stanovená podrobným statickým výpočtom
K	Zaťažiteľnosť stanovená kombinovaným statickým výpočtom
Z	Zaťažiteľnosť stanovená podľa zvláštnych predpisov
W_n	Normálna zaťažiteľnosť v kN
W_r	Výhradná zaťažiteľnosť v kN
W_e	Výnimočná zaťažiteľnosť v kN
W_j	Zaťažiteľnosť na jednu nápravu v kN
$W_{n,rep}$	Tiaž reprezentatívneho vozidla pre normálnu zaťažiteľnosť
v_n	Zaťažiteľnosť lávky pre peších a cyklistov v kg/m ²
w_n	Zaťažiteľnosť lávky pre peších a cyklistov v kN/m ²
ν	Redukčný súčiniteľ pri posúdení na únavu

2 Všeobecne

2.1 Zaťažiteľnosť mostov

Zaťažiteľnosť mostov na diaľniciach, rýchlostných cestách, cestách I., II. a III. triedy a miestnych komunikáciách je určená najväčšou okamžitou hmotnosťou jedného vozidla, ktorého jazda sa môže povoliť na moste za podmienok uvedených v týchto TP.

2.2 Stanovenie zaťažiteľnosti

Zaťažiteľnosť mostov sa stanovuje ako najnižšia hodnota zaťažiteľnosti jednotlivých prvkov nosnej konštrukcie a spodnej stavby mosta.

Zaťažiteľnosť mostov sa preukazuje výhradne podrobným statickým výpočtom. Pre betónové a spriahnuté mosty (ocel', betón) je možné použiť alternatívne kombinovaný statický výpočet.

Pre vybrané typy mostov je možné použiť so súhlasom objednávateľa pre stanovenie vnútorných síl overené zahraničné predpisy (napr. [T6]).

Podľa spôsobu stanovenia zaťažiteľnosti sa táto označuje nasledovne:

- V – zaťažiteľnosť stanovená podrobným statickým výpočtom;
- K – zaťažiteľnosť stanovená kombinovaným postupom, t.j. podrobným statickým výpočtom z náhradnej dokumentácie, získanej na základe náhradného statického výpočtu konštrukcie podľa kapitoly 6 týchto TP;
- Z – zaťažiteľnosť stanovená podľa iných predpisov.

Podrobný statický výpočet sa vykonáva podľa platných STN.

2.3 Kategórie zaťažiteľnosti mostov

Podľa druhu ideálneho pohyblivého zaťaženia sa pri mostoch na diaľniciach, rýchlostných cestách, cestách I., II. a III. triedy a miestnych komunikáciách stanovuje:

- faktor normálnej zaťažiteľnosti a normálna zaťažiteľnosť;
- zaťažiteľnosť na jednu nápravu;

- c) výhradná zaťažiteľnosť;
- d) výnimočná zaťažiteľnosť.

Zaťažiteľnosť podľa a), c), d) sa stanovuje na všetkých mostoch, zaťažiteľnosť podľa b) na mostoch podľa čl. 2.5 týchto TP.

2.4 Faktor normálnej zaťažiteľnosti a normálna zaťažiteľnosť

Zavedením noriem EN do sústavy STN vznikla požiadavka na preukazovanie spoľahlivosti mostných konštrukcií podľa týchto noriem. Faktor normálnej zaťažiteľnosti F_z vyjadruje schopnosť mostnej konštrukcie prenášať zaťaženie podľa zaťažovacieho modelu LM1 podľa STN EN 1991-2. Stanovuje sa statickým výpočtom podľa čl. 9.1 týchto TP. Most je považovaný za vyhovujúci z hľadiska normálnej zaťažiteľnosti ak je splnená podmienka

$$F_z \geq 1,0 \quad (1)$$

Normálna zaťažiteľnosť sa stanoví ako najvyššia prípustná hmotnosť jedného vozidla pri normálnom zaťažení (bez obmedzenia počtu a polohy vozidiel) podľa čl. 9.1 týchto TP.

2.5 Zaťažiteľnosť na jednu nápravu

Zaťažiteľnosť na jednu nápravu sa stanovuje v odôvodnených prípadoch podľa čl. 9.2 týchto TP. Opodstatnenosť určuje zhotoviteľ projektovej dokumentácie alebo zhotoviteľ náhradnej dokumentácie, prípadne správca objektu.

2.6 Výhradná zaťažiteľnosť

Výhradná zaťažiteľnosť sa stanoví ako najvyššia prípustná hmotnosť jediného vozidla na moste, definovaného v čl. 9.3 týchto TP.

2.7 Výnimočná zaťažiteľnosť

Výnimočná zaťažiteľnosť sa stanoví ako najvyššia prípustná hmotnosť vozidla definovaného v čl. 9.4 týchto TP.

2.8 Normálna zaťažiteľnosť lávok pre peších a cyklistov

Normálna zaťažiteľnosť lávok pre peších a cyklistov je najväčšia prípustná hodnota premenného rovnomerného zaťaženia v kN/m². Výhradná a výnimočná zaťažiteľnosť sa pre lávky nestanovuje.

2.9 Zaťažiteľnosť na prevádzkovaných objektoch

Na účely evidencie sa na mostoch na diaľniciach, rýchlostných cestách, cestách I., II. a III. triedy a miestnych komunikáciách určuje zaťažiteľnosť spôsobom podľa týchto TP. Zaťažiteľnosť sa stanovuje ako zaťažiteľnosť aktuálna, ak boli hlavnou prehliadkou zistené zmeny alebo poruchy, ktoré majú negatívny vplyv na zaťažiteľnosť. Aktuálna zaťažiteľnosť zohľadňuje:

- a) skutočné zhotovenie konštrukcie;
- b) zmeny konštrukcie, vyvolané stavebnými zásahmi, údržbou a prevádzkou;
- c) skutočne pôsobiace zaťaženia a vplyvy;
- d) poruchy konštrukcie ovplyvňujúce zaťažiteľnosť (zmena statickej schémy, degradácia materiálu, oslabenie prierezov, spojov a pod.).

Zaťažiteľnosť stanovená výlučne na základe údajov z projektovej dokumentácie postupmi podľa týchto TP je projektovaná zaťažiteľnosť. Dá sa považovať za aktuálnu iba v prípadoch, ak sa hlavnou prehliadkou, mimoriadnou prehliadkou alebo diagnostickým prieskumom nezistili odchýlky od projektovaného stavu alebo poruchy, majúce vplyv na zaťažiteľnosť.

2.10 Opakované stanovenie zaťažiteľnosti

Zaťažiteľnosť mosta musí byť nanovo stanovená v týchto prípadoch:

- a) po každej rekonštrukcii/prestavbe/oprave mosta, ktoré majú vplyv na zaťažiteľnosť mosta;
- b) po každom zásahu na moste, ktorým sa mení pôvodné zaťaženie mosta (napr. pripravením novými vrstvami vozovky, novým vybavením alebo cudzím zariadením a pod.).

Vlastník/správca mosta (lávky) si môže vypracovať/dať vypracovať nové stanovenie zaťažiteľnosti mosta v opodstatnených prípadoch akými sú hlavne zaradenie stavebnotechnického stavu do stupňa V.-VII. po zmene noriem, predpisov ovplyvňujúcich stanovené hodnoty zaťažiteľnosti.

2.11 Overenie zaťažiteľnosti

Overenie zaťažiteľnosti je možné vykonať zaťažovacou skúškou podľa čl. 7.3 týchto TP alebo ďalším podrobným statickým prepočtom.

3 Podklady pre stanovenie zaťažiteľnosti

3.1 Všeobecne

Pre stanovenie zaťažiteľnosti podľa kapitoly 2 týchto TP je potrebné zhromaždiť súbor informácií (statické, materiálové a geometrické charakteristiky jednotlivých prvkov, vzájomné väzby prvkov, zaťaženie, atď.), na základe ktorých je možné zhotoviť podrobný statický výpočet konštrukcie a stanoviť zaťažiteľnosť.

3.2 Základné podklady na stanovenie zaťažiteľnosti mosta

Základnými podkladmi pre stanovenie zaťažiteľnosti mosta sú:

- pôvodná projektová dokumentácia;
- mostný zošit;
- projektová dokumentácia opravy mosta;
- prepočty zaťažiteľnosti;
- náhradná (novo spracovaná) dokumentácia mosta.

3.3 Doplnujúce podklady na stanovenie zaťažiteľnosti mosta

Doplnujúcimi podkladmi pre stanovenie zaťažiteľnosti mosta sú:

- dokumentácie zo zhotovenia mosta (stavebný denník, dodacie listy, protokoly o skúškach materiálov, atď.);
- záznamy z prehliadok mosta;
- správy z diagnostických prieskumov mosta;
- protokoly zo zaťažovacích skúšok;
- analýzy výsledkov meraní z dlhodobého sledovania mosta.

3.4 Všeobecné dokumenty na stanovenie zaťažiteľnosti mosta

Pre stanovenie zaťažiteľnosti sa používajú:

- platné normy a technické predpisy;
- normy a predpisy platné v čase projektovania a zhotovenia mosta;
- príručky a pomôcky na stanovenie zaťažiteľnosti;
- vzorové a typové projekty;
- odborná literatúra.

Poznámka: Je možné použiť aj pomôcky vydané v ČR, ak sa týkajú predpisov platných do r. 1992.

3.5 Prehliadka a diagnostický prieskum pred stanovením zaťažiteľnosti

Pred stanovením zaťažiteľnosti mosta je potrebné vykonať hlavnú alebo mimoriadnu prehliadku podľa [T3] a overiť zhodu údajov a predpokladov dostupných podkladov so skutočnosťou.

V prípade, ak hlavná prehliadka mosta preukáže významné odlišnosti od údajov získaných z dostupných podkladov, alebo objekt vykazuje poruchy, ovplyvňujúce zaťažiteľnosť (stav V. – VII. podľa [T3]), musí sa vykonať diagnostický prieskum.

Pri diagnostickom prieskume sa postupuje podľa kapitoly 5 týchto TP.

3.6 Zaťažovacie skúšky

Zaťažovacou skúškou vykonanou pred stanovením zaťažiteľnosti sa overuje výpočtový model a statická schéma, geometrické parametre a materiálové charakteristiky prvkov mostnej konštrukcie. Pri zaťažovacej skúške sa postupuje podľa kapitoly 7 týchto TP.

4 Výpočet zaťažiteľnosti

4.1 Zaťaženia

Pri zisťovaní zaťaženia (v zmysle STN ISO 13822), ich umiestnenia a veľkosti sa vychádza vždy zo skutočného vyhotovenia mosta a aktuálneho stavebného stavu mosta, prípadne overenej projektovej dokumentácie.

Skutočné hodnoty stálych zaťažení sa zisťujú najmä v týchto prípadoch:

- na mostnú konštrukciu pôsobia iné druhy zaťažení, ako sa pôvodne predpokladalo pri návrhu mosta;
- v priebehu užívania mostnej konštrukcie sa hodnoty zaťažení zmenili v neprospech zaťažiteľnosti;
- v konštrukcii sa vyskytujú javy alebo poruchy, ktoré môžu byť zapríčinené zmenou pôvodne predpokladaných pôsobiacich zaťažení.

Pôsobiace stále zaťaženia sa zisťujú na základe statickej schémy a usporiadania mostnej konštrukcie, skutočných rozmerov prvkov a objemových hmotností materiálov.

Veľkosť stálych a nedopravných zaťažení sa určí podľa STN EN 1991-2 a STN ISO 13822.

Parciálne súčinitele spoľahlivosti (γ), kombinačné súčinitele (ψ) a redukčné súčinitele (ξ) sa uvažujú podľa STN EN 1990 a podľa kapitoly 8 týchto TP.

Objemovú hmotnosť materiálov je možné stanoviť na základe skúšok odobratých vzoriek.

Mimoriadne zaťaženia podľa STN EN 1991-1-7 a podľa STN EN 1991-2 sa pri výpočte zaťažiteľnosti neuvažujú.

Pri výpočte výnimočnej zaťažiteľnosti sa uvažuje, že na moste nepôsobí okrem zvláštneho vozidla podľa čl. 3.2.4 žiadne z premenných zaťažení uvedených v STN EN 1991-2.

4.2 Materiály a základová pôda

4.2.1 Charakteristické hodnoty vlastností použitých materiálov

Charakteristiky materiálov sa určujú na základe pôvodnej dokumentácie alebo na základe diagnostického prieskumu.

Charakteristické hodnoty vlastností uvažovaných materiálov sa obecné určujú podľa STN EN 1990 a príslušných materiálových noriem, podľa ktorých sa určujú aj parciálne súčinitele spoľahlivosti materiálov.

4.2.2 Charakteristiky materiálov

Ak sú z pôvodnej projektovej dokumentácie existujúcej mostnej konštrukcie známe použité druhy materiálov, je možné určiť mechanické a iné vlastnosti materiálov podľa noriem, prípadne predpisov, platných v čase jej zhotovenia.

Použitie charakteristík materiálov podľa v minulosti platných noriem a predpisov a ich vzťah k súčasne platným normám sa riadi ustanoveniami STN ISO 13822.

4.2.3 Skúšky materiálov

V prípade, ak pri prehliadkach alebo diagnostických prieskumoch vzniklo podozrenie, že skutočné vlastnosti materiálov môžu byť odlišné od vlastností uvedených v projektovej dokumentácii, alebo sa na moste vyskytli javy negatívne ovplyvňujúce vlastnosti materiálov (degradácia vplyvom difúzie kvapalín a plynov, korózia rôzneho druhu, hniloba, požiar, rádioaktívne žiarenie, pôsobenie bludných prúdov a iné), charakteristické hodnoty vlastností materiálov sa musia zistiť skúškami.

Skúšky materiálov je potrebné vykonať aj v prípade, že projektová dokumentácia nie je k dispozícii a zhotovuje sa náhradná dokumentácia mosta.

Pri zisťovaní hodnôt vlastností materiálov skúškami sa postupuje podľa STN ISO 13822.

4.2.4 Základová pôda

V prípade, ak sa na moste vyskytujú javy ovplyvňujúce zaťažiteľnosť, ktorých príčinou je založenie mosta, zhotoví sa diagnostika základových pomerov. Jej súčasťou môže byť dlhodobé sledovanie deformácií (sadanie, nakláňanie, pootočenie).

Pri vyšetrovaní základových pomerov sa postupuje podľa STN EN 1997-1 a STN EN 1997-2.

4.3 Predpätie

Veľkosť prepínacích síl sa stanovuje na základe údajov z projektovej dokumentácie. Pri prevádzkovaných mostoch sa musí vykonať diagnostický prieskum podľa kapitoly 5 týchto TP, zameraný na kontrolu polohy prepínacích jednotiek a stav prepínacej výstuže (výskyt korózie).

V prípade výskytu korózie je možné charakteristiky pre konkrétne druhy prepínacej výstuže redukovať podľa poznatkov z odbornej literatúry.

Veľkosť predpätia vo vybraných rezoch je možné overiť experimentálnymi diagnostickými metódami.

4.4 Výpočtový model konštrukcie mosta

Vo výpočtovom modeli konštrukcie mosta sa uvažujú skutočné rozmery konštrukcie. Rozmery prevzaté z projektovej dokumentácie sa vždy prekontrolujú.

Základné údaje o statickej schéme posudzovanej konštrukcie sa získavajú z mostného zošita a z projektovej dokumentácie. V prípade, ak údaje nie sú dostupné, získavajú sa diagnostickým prieskumom, ktorým sa zisťujú rozmery konštrukčných prvkov, ich vzájomné väzby, poloha a spôsob uloženia nosnej konštrukcie, spôsob prenášania zaťaženia z nosnej konštrukcie do základovej pôdy a pod.

Odchýlky od predpokladaného pôsobenia konštrukcie, ktoré ovplyvňujú priebeh vnútorných síl (napr. zablokovanie nosnej konštrukcie v dilatčných škárach, nedostatočná kapacita a zablokovanie ložísk, neuvoľnené montážne fixačné prvky atď.) sa zisťujú diagnostickým prieskumom, dlhodobým sledovaním, prípadne zaťažovacími skúškami.

Vo výpočtovom modeli sa zohľadňujú zmeny a odchýlky oproti projektovému riešeniu (rozmery, uloženie, vzájomná väzba prvkov a pod.), ako aj vplyv degradačných účinkov (rozpad betónu a muriva, korózia ocele, hniloba dreva a ďalšie).

5 Diagnostický prieskum pre stanovenie zaťažiteľnosti

5.1 Všeobecne

Úlohou diagnostického prieskumu je získať alebo doplniť poznatky o mostnom objekte pre objektívne posúdenie zaťažiteľnosti. Rozsah potrebného diagnostického prieskumu ovplyvňujú tieto faktory:

- a) existencia projektovej dokumentácie mosta;
- b) výskyt porúch, spôsobujúcich degradáciu konštrukčných materiálov;
- c) výskyt porúch, spôsobujúcich zmenu statického pôsobenia konštrukcie.

V prípade, že pre posudzovaný objekt nie je k dispozícii projektová dokumentácia, je potrebné v rámci diagnostiky zhotoviť minimálne schémy, z ktorých budú jasné rozmery prvkov, spôsob ich vystuženia a vzájomného spojenia.

Ak je projektová dokumentácia k dispozícii, je potrebné overiť, či v nej uvedené údaje zodpovedajú skutočnosti.

V rámci diagnostického prieskumu je potrebné zistiť alebo overiť:

- a) geometrické parametre nosnej konštrukcie a spodnej stavby;
- b) statické pôsobenie (interakciu medzi jednotlivými konštrukčnými prvkami, medzi nosnou konštrukciou a spodnou stavbou, medzi spodnou stavbou a základovou pôdou);
- c) fyzikálno-mechanické vlastnosti materiálov.

Vhodné diagnostické metódy a postupy sú obsiahnuté v [T2].

5.2 Geometrické parametre

V rámci diagnostického prieskumu sa zisťujú alebo overujú všetky rozmery konštrukcie, dôležité pre tvorbu objektívneho výpočtového modelu. Rozmery majú nielen vplyv na stanovenie statických veličín, ale aj na veľkosť zaťaženia vlastnou tiažou. Súčasťou zisťovania geometrických parametrov je aj stanovenie rozsahu degradácie konštrukčných materiálov (oslabenie plochy prierezov, plochy výstuže, plochy spojovacích prvkov a pod.).

5.3 Statické pôsobenie

Statické pôsobenie konštrukcie ovplyvňujú prvky uloženia (ložiská, kĺby) a kvalita vzájomných spojení jednotlivých nosných prvkov. Je potrebné overiť funkčnosť (napr. možnosť voľného posunu, pootočenia) v celom predpokladanom rozsahu.

5.4 Materiálové charakteristiky

Vlastnosti konštrukčných materiálov sa zisťujú alebo overujú vhodnými metódami podľa [T2]. Dôležité je zistiť zmeny vlastností spôsobené degradačnými vplyvmi (zníženie pevnosti) a ich rozsah.

5.5 Veľkosť predpätia

Veľkosť predpätia sa overuje v prípadoch, keď je zrejmé, že oproti projektovým predpokladom nebol pri výstavbe vyvodенý predpísaný účinok, alebo došlo k jeho poklesu (napr. v dôsledku korózie alebo porušenia prepínacej výstuže).

6 Náhradný statický výpočet

6.1 Použitie náhradného statického výpočtu

Náhradný statický výpočet sa môže použiť v prípade mostov zo železobetónu, spriahnutých mostov (betón - oceľ), v ojedinelých prípadoch i predpätého betónu, pri ktorých sa nezachovala projektová dokumentácia. Jeho cieľom je určiť predpokladané vystuženie betonárskou, prípadne predpínacou výstužou v častiach konštrukcie, kde nie je možné zistiť vystuženie bežnými diagnostickými metódami.

6.2 Podklady pre náhradný statický výpočet

Pri náhradnom statickom výpočte je dôležité poznať rok uvedenia mosta do prevádzky, prípadne roky, keď bola mostná konštrukcia opravovaná, pričom pri oprave došlo k staticky významným zmenám (rozšírenie, zosilnenie). Ako podklady sa použijú normy a predpisy platné v čase bezprostredne pred výstavbou, prípadne opravou objektu. Možno použiť i pomôcky, ktoré obsahujú údaje o starších normách a predpisoch.

6.3 Postup pri náhradnom statickom výpočte

Model konštrukcie sa určí na základe zistených rozmerov a na základe prieskumu sa určia podmienky uloženia a väzby prvkov. Pričný roznos alebo spojitosť polí, či funkčnosť kĺbov v prípade viacpoľovej konštrukcie je možné posúdiť zaťažovacou skúškou.

Statickým výpočtom sa stanoví priebeh vnútorných síl a v rozhodujúcich prierezoch sa nadimenzuje plocha výstuže v súlade s platnými normami a predpismi v čase návrhu objektu. Materiálové charakteristiky sa určia podľa čl. 5.4 týchto TP.

Stanovené dimenzie prierezov a výstuže sa použijú pri výpočte zaťažiteľnosti kombinovaným statickým výpočtom.

7 Zaťažovacie skúšky

7.1 Všeobecne

Zaťažovacie skúšky sa používajú za účelom:

- a) získania alebo spresnenia vstupných údajov pre výpočet zaťažiteľnosti;
- b) overenia vypočítanej zaťažiteľnosti.

Zaťažovacie skúšky umožňujú získať objektívne informácie o správaní sa celej konštrukcie.

Pri zaťažovacích skúškach sa postupuje podľa STN 73 6209.

7.2 Študijná zaťažovacia skúška

Študijná zaťažovacia skúška môže byť statická, dynamická alebo kombinovaná. Zaťažovacia skúška sa zhotoví na základe vypracovaného programu. V programe sa stanoví, ktoré vlastnosti sa budú pomocou zaťažovacej skúšky skúmať. Zaťažovacou skúškou je možné skúmať dve skupiny vlastností, ktoré vstupujú do výpočtového modelu:

- a) väzby konštrukčných prvkov a ich funkčnosť;
- b) materiálové a prierezové charakteristiky konštrukčných prvkov.

Zaťažovacou skúškou sa zisťuje napr.:

- c) roznos zaťaženia v pričnom smere;
- d) spojitosť konštrukcie nad podperami (prenos zaťaženia medzi jednotlivými mostnými poľami);
- e) funkčnosť kĺbov a ložísk;
- f) aktivita trhlín;

g) tuhosť konštrukcie a jednotlivých prvkov.

Podľa výberu skúmaných veličín sa stanovuje spôsob a rozsah meraní. V rámci programu zaťažovacej skúšky sa vypracuje predbežný výpočtový model a na jeho základe sa vypočítajú hodnoty sledovaných veličín (priehyby, posuny, pootočenia, pomerné deformácie a pod.) od účinkov navrhnutého skúšobného zaťaženia.

Na základe vyhodnotenia výsledkov meraní sa vykonajú korekcie výpočtového modelu.

7.3 Overovacia zaťažovacia skúška

Overovacia zaťažovacia skúška sa vykonáva v prípade, že pri stanovení zaťažiteľnosti sa objavili neistoty, ktoré môžu ovplyvniť presnosť statického výpočtu a zaťažovacou skúškou sa overuje/potvrzuje zaťažiteľnosť.

Program, príprava, zhotovenie a vyhodnotenie zaťažovacej skúšky sa vykonáva podľa STN 73 6209.

Skúšobné zaťaženie sa stanoví tak, aby vyvolalo silový účinok adekvátny stanovenej zaťažiteľnosti. Zaťaženie pre daný zaťažovací stav sa na konštrukciu umiestňuje postupne (min. 3 zaťažovacie stupne). Pri každom zažatí sa dôsledne dbá na ustálenie sledovanej deformácie alebo inej sledovanej veličiny. Ak nedôjde k ustáleniu do 30 min, zaťaženie sa nezvyšuje.

Počas zaťažovania sa sleduje mostná konštrukcia. V prípade vzniku javov, signalizujúcich vyčerpanie únosnosti (trhliny, uvoľňovanie spojov, vybočenie, vyčerpanie kapacity ložísk, mostných záverov a pod.), sa zaťaženie ďalej nezvyšuje.

Skúšaná zaťažiteľnosť sa považuje za overenú/potvrdenú, ak namerané hodnoty spĺňajú požiadavky STN 73 6209.

8 Všeobecné zásady pre výpočet zaťažiteľnosti

8.1 Všeobecne

Zaťažiteľnosť pri nových mostoch a rekonštrukciách starých mostov sa určí podľa tohto predpisu, STN EN 1990 a podľa príslušných návrhových noriem pre betónové, oceľové, spriahnuté, murované a drevené konštrukcie.

Zaťažiteľnosť sa stanoví z rozhodujúcich silových, únavových, deformačných, stabilitných a geotechnických podmienok.

Statickým výpočtom sa stanoví zaťažiteľnosť označená ako:

W_n	normálna zaťažiteľnosť (v kN),
W_r	výhradná zaťažiteľnosť (v kN),
W_e	výnimočná zaťažiteľnosť (v kN),
W_j	zaťažiteľnosť na jednu nápravu (v kN),
w_n	zaťažiteľnosť lávok pre peších a cyklistov (v kN/m ²).

Pre účely evidencie sa stanovuje zaťažiteľnosť v t, ktorá sa určí podľa vzťahu:

$$V = W/10 \quad (2)$$

8.2 Kombinácie zaťaženia pre medzné stavy únosnosti

Pri stanovení zaťažiteľnosti mostov s ohľadom na medzné stavy únosnosti (MSÚ) pre súbor (STR/GEO) sa musí overiť podmienka:

$$E_d \leq R_d \quad (3)$$

kde:

E_d je návrhová hodnota účinku zaťaženia;
 R_d návrhová hodnota príslušnej odolnosti.

Pri stanovení zaťažiteľnosti mostov s ohľadom na medzné stavy únosnosti (MSÚ) pre súbor (EQU) sa musí overiť podmienka:

$$E_{d,dst} \leq E_{d,stab} \quad (4)$$

kde:

$E_{d,dst}$ je návrhová hodnota účinku destabilizujúceho zaťaženia;
 $E_{d,stab}$ návrhová hodnota účinku stabilizujúceho zaťaženia.

V prípade medzného stavu únosnosti posudzujeme konštrukciu jednak z hľadiska overenia stability konštrukcie ako celku, kde sa aplikujú zaťaženia zo súboru A (EQU). V prípade overovania mechanickej odolnosti konštrukcie sa aplikujú zaťaženia zo súboru B (STR/GEO). V súboroch zaťaženia sa stanovujú kombinačné schémy stáleho zaťaženia, predpätia, hlavného premenného zaťaženia a ostatných sprievodných premenných zaťažení nasledovne:

Súbor A: (EQU)

$$\sum_j \gamma_{G,j} \cdot G_{k,j} + \gamma_p \cdot P_k + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (5)$$

Súbor B: (STR/GEO)

1) Konzervatívny prístup - neredukované zaťaženie stále a neredukované premenné:

$$\sum_j \gamma_{G,j,sup} \cdot G_{k,j,sup} + \sum_j \gamma_{G,j,inf} \cdot G_{k,j,inf} + \gamma_p \cdot P_k + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}, \quad (6)$$

Poznámka: Vzťah 6.10 podľa STN EN 1990.

2) Hospodárnejší prístup - menej priaznivá kombinácia:

a.) Neredukované stále zaťaženie a redukované premenné zaťaženie:

$$\sum_j \gamma_{G,j,sup} \cdot G_{k,j,sup} + \sum_j \gamma_{G,j,inf} \cdot G_{k,j,inf} + \gamma_p \cdot P_k + \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{0,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}, \quad (7a)$$

b.) Redukované stále zaťaženie a neredukované premenné zaťaženie:

$$\sum_j \zeta \cdot \gamma_{G,j,sup} \cdot G_{k,j,sup} + \sum_j \zeta \cdot \gamma_{G,j,inf} \cdot G_{k,j,inf} + \gamma_p \cdot P_k + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i} \quad (7b)$$

Poznámka: Vzťah 6.10a a 6.10b podľa STN EN 1990.

Hodnoty súčiniteľov ψ_i sa určujú podľa STN EN 1990 (tabuľka A 2.1), hodnota $\zeta = 0,85$.

V kombináciách sa uvažuje $\gamma_{G,j,sup} = 1,35$, $\gamma_{G,j,inf} = 1,00$ a $\gamma_{Q,1} = 1,35$ (platí len pre cestné mosty).

Význam veličín v kombináciách:

$G_{k,j,sup}$	charakteristická hodnota nepriaznivo pôsobiaceho stáleho zaťaženia,
$G_{k,j,inf}$	charakteristická hodnota priaznivo pôsobiaceho stáleho zaťaženia,
P_k	charakteristická hodnota zaťaženia účinkov predpätia – v prípade predpätých konštrukcií uvažujeme P_m v čase t ,
$Q_{k,1}$	charakteristická hodnota hlavného premenného zaťaženia, stanovená pre príslušnú zaťažiteľnosť V_j ,
$Q_{k,i}$	charakteristická hodnota ostatných sprievodných premenných zaťažení,
$\psi_{0,i}$	kombinačný súčiniteľ pre MSÚ,
ζ	redukčný súčiniteľ pre nepriaznivé stále zaťaženie,
$\gamma_{G,j,sup}$	parciálny súčiniteľ spoľahlivosti nepriaznivo pôsobiaceho stáleho zaťaženia,
$\gamma_{G,j,inf}$	parciálny súčiniteľ spoľahlivosti priaznivo pôsobiaceho stáleho zaťaženia,
$\gamma_{Q,1}$	parciálny súčiniteľ spoľahlivosti hlavného premenného zaťaženia,
$\gamma_{Q,i}$	parciálny súčiniteľ spoľahlivosti ostatných sprievodných premenných zaťažení,
γ_p	parciálny súčiniteľ spoľahlivosti účinku predpätia.

Poznámka: Podľa NA k STN EN 1990 sa na Slovensku pre navrhovanie použije rovnica (6) v STN EN 1990 označená ako (6.10). Vzťahy (7a) a (7b) (v STN EN 1990 označené ako (6.10a),(6.10b)) je možné použiť pre špecifické prípady (napr. opravy, rekonštrukcie) po dohode zúčastnených strán.

Vzťahy (7a) a (7b) je možné použiť pre stanovenie zaťažiteľnosti mostov navrhnutých podľa noriem platných pred zavedením STN EN.

8.3 Kombinácie zaťažení pre medzné stavy použiteľnosti

Pri stanovení zaťažiteľnosti mostov s ohľadom na medzné stavy použiteľnosti (MSP) sa musí overiť podmienka:

$$E_d \leq C_d \quad (8)$$

kde:

E_d je návrhová hodnota účinku zaťaženia špecifikovaná v kritériu použiteľnosti, určená na základe príslušnej kombinácie zaťaženia;

C_d limitná návrhová hodnota príslušného kritéria použiteľnosti.

Posúdenie na MSP sa vyžaduje z dôvodu, že viacero návrhových kritérií súvisí s trvanlivosťou konštrukcie. V niektorých prípadoch (napr. mosty z predpätého betónu) môžu kritériá podľa MSP rozhodovať z hľadiska celkovej spoľahlivosti a zaťažiteľnosti konštrukcie. Parciálne súčinitele spoľahlivosti zaťaženia sa uvažujú hodnotou $\gamma_F = 1,0$. Na stanovenie jednotlivých kombinácií zaťaženia podľa MSP je rozhodujúca dĺžka doby výskytu premenného zaťaženia. Rozlišujeme preto nasledovné kombinácie:

Charakteristická kombinácia:

$$\sum_j G_{kj} + P_k + Q_{k,1} + \sum_{i>1} \psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}, \quad (9)$$

Častá kombinácia:

$$\sum_j G_{kj} + P_k + \psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}, \quad (10)$$

Kvazi-stála kombinácia:

$$\sum_j G_{kj} + P_k + \psi_{2,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}, \quad (11)$$

Menej - častá kombinácia:

$$\sum_j G_{kj} + P_k + \psi_{1,infq} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i>1} \psi_{1,i} \cdot Q_{k,i}. \quad (12)$$

9 Schémy dopravného zaťaženia pre výpočet zaťažiteľnosti

9.1 Faktor normálnej zaťažiteľnosti a normálna zaťažiteľnosť

Faktor normálnej zaťažiteľnosti F_z vyjadruje schopnosť mostu prenášať základné premenné zaťaženie vyjadrené zaťažovacou schémou LM1 podľa STN EN 1991-2, ktoré sa používa pre celkové aj lokálne overenie konštrukcie.

Na základe hodnoty faktora normálnej zaťažiteľnosti sa stanovuje normálna zaťažiteľnosť.

Obecne možno vzťah pre faktor zaťažiteľnosti pre rozhodujúcu statickú veličinu vyjadriť ako podiel kapacity (rezervy) odolnosti pre rozhodujúce premenné zaťaženie a účinok od normovej hodnoty zaťaženia LM1:

$$F_z = R_{d,W,c} / E_{d,W,LM1} \quad (13)$$

kde:

F_z je faktor normálnej zaťažiteľnosti;

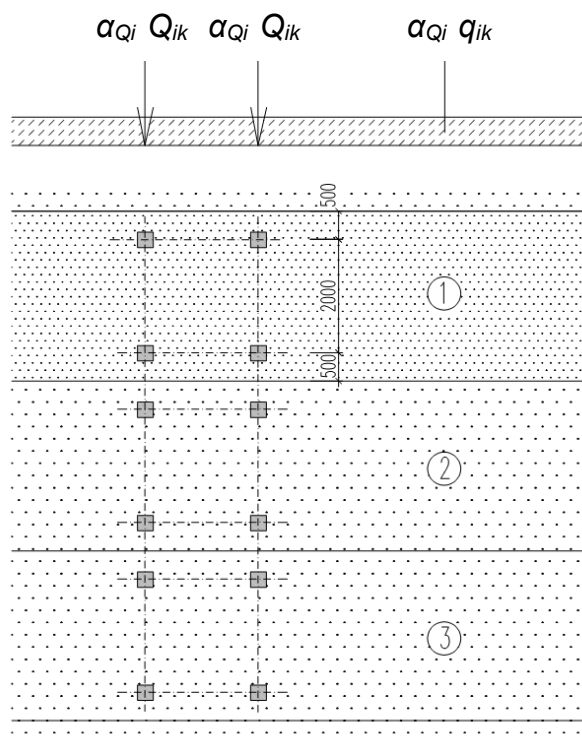
$R_{d,W,c}$ hodnota kapacity (rezervy) odolnosti pre rozhodujúce premenné zaťaženie;

$E_{d,W,LM1}$ hodnota statickej veličiny od účinku normovej hodnoty zaťaženia LM1.

Schéma zaťaženia LM1 je na obrázku 1. Normálne zaťaženie sa kombinuje s ostatnými dopravnými zaťažzeniami podľa tabuľky 1. Vodorovné sily sa uvažujú podľa STN EN 1991-2. Kombinácie týchto zaťažení sa uvažujú podľa článkov 8.2 a 8.3 týchto TP.

Tabuľka 1 Zostavy zaťažení pre stanovenie normálnej zaťažiteľnosti

Zostava zaťažení	Normálne zaťaženie	Vodorovné sily	Zaťaženie chodníkov a pruhov pre cyklistov
N1	charakteristické hodnoty	-	redukovaná hodnota 3 kN/m ²
N2	časté hodnoty	charakteristické hodnoty	-
N3 (pre posúdenie na únavu)	charakteristické hodnoty	-	-



Obrázok1 Schéma zaťaženia LM1

Normálna zaťažiteľnosť v kN sa stanoví podľa vzťahu:

$$W_n = F_z \cdot W_{nrep} \quad (14)$$

kde:

W_n je normálna zaťažiteľnosť v kN;

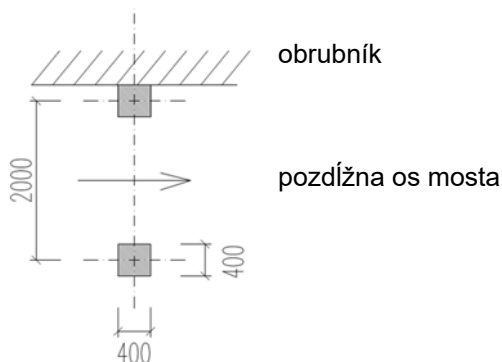
F_z faktor normálnej zaťažiteľnosti;

W_{nrep} tiaž reprezentatívneho vozidla pre normálnu zaťažiteľnosť.

Hodnota W_{nrep} sa stanovuje na základe výskumu účinkov dopravy a analytických prepočtov. Na základe [Z4] sa uvažuje hodnota $W_{nrep} = 320$ kN.

9.2 Zaťažiteľnosť na jednu nápravu

Ako model jednonápravového zaťaženia sa použije schéma zaťaženia LM2 podľa čl. 4.3.3 STN EN 1991-2 . Schéma je na obrázku 2 . Uvažuje sa kolesová plocha podľa čl. 2.15 STN EN 1991-2/NA.



Obrázok 2 Schéma zaťaženia LM2

9.3 Výhradná zaťažiteľnosť

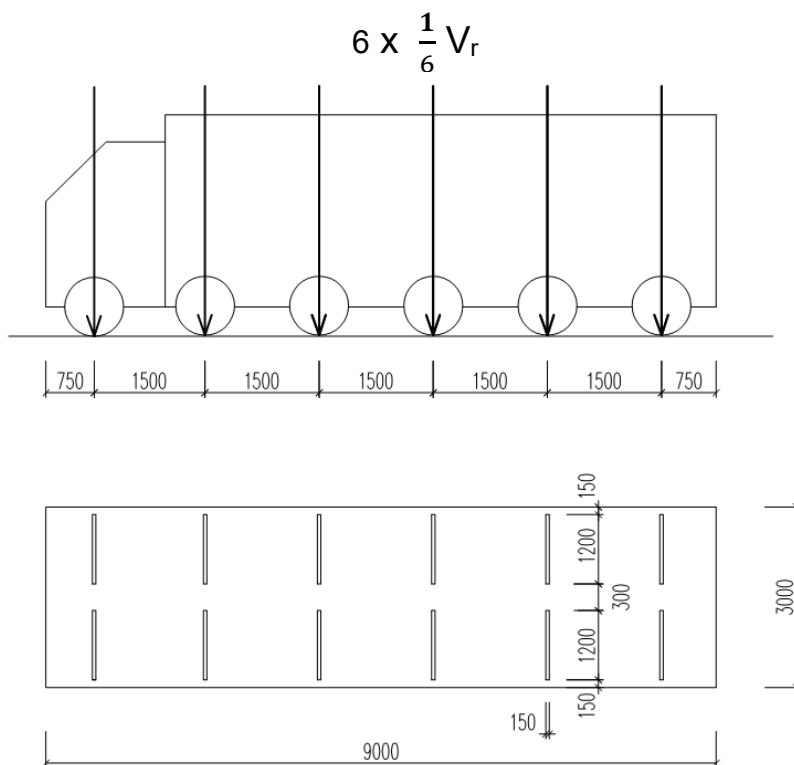
Model vozidla pre výhradnú zaťažiteľnosť zodpovedá triede zvláštnych vozidiel 900/150 podľa STN EN 1991-2 čl. A.2(1). Schéma vozidla je na obrázku 3. Výhradné zaťaženie sa kombinuje s ostatnými dopravnými zaťažzeniami podľa tabuľky 2.

Dynamický súčiniteľ sa uvažuje podľa STN EN 1991-2 čl. A.3 (5), podľa vzťahu:

$$\varphi = 1,4 - \frac{L}{500} \quad \varphi > 1 \quad (15)$$

kde:

φ je dynamický súčiniteľ;
 L ovplyvnená dĺžka (m).



Obr. 3 Schéma vozidla pre stanovenie výhradnej zaťažiteľnosti

Tabuľka 2 Zostava zaťažení pri stanovení výhradnej zaťažiteľnosti

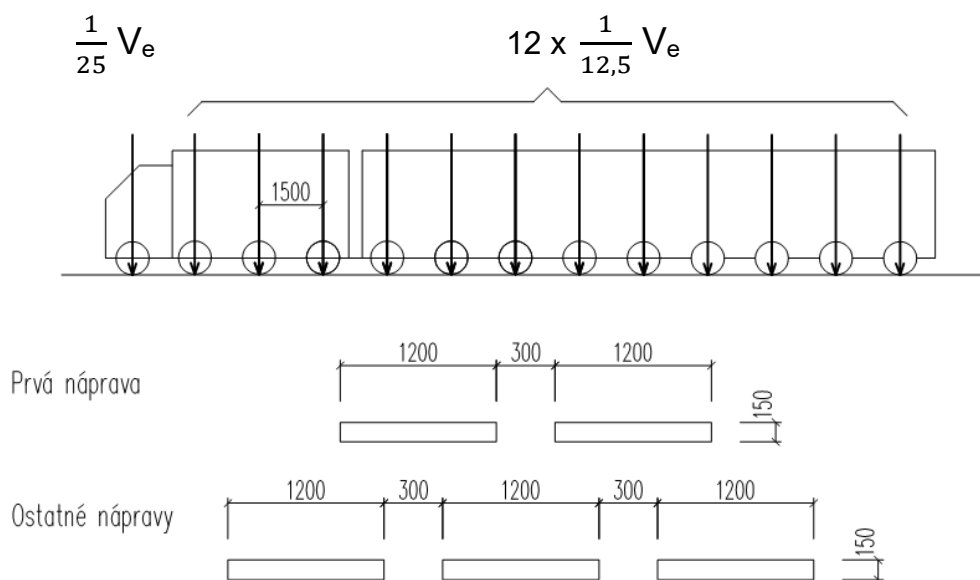
Zostava zaťažení	Výhradné zaťaženie	Vodorovné sily	Zaťaženie chodníkov a pruhov pre cyklistov ¹⁾
R1	charakteristické hodnoty	-	Redukovaná hodnota 3 kN/m ²
R2	časté hodnoty	charakteristické hodnoty	-

¹⁾ Podľa STN EN 1991-2/NA, čl. NA.2.16 pešia a cyklistická doprava nie sú vylúčené, ak sú oddelené od cestnej dopravy záchytnými bezpečnostnými zariadeniami

Súčiniteľ $\psi_{0,1}$ sa uvažuje hodnotou 0,75.

9.4 Výnimočná zaťažiteľnosť

Model vozidla pre výnimočnú zaťažiteľnosť zodpovedá triede zvláštnych vozidiel 3000/240 podľa A.2(1) STN EN 1991-2. Schéma vozidla je na obrázku 4. Pre umiestnenie vozidla na moste platí čl. 2.16 STN EN 1991-2/NA.



Obrázok 4 Schéma vozidla pre stanovenie výnimočnej zaťažiteľnosti

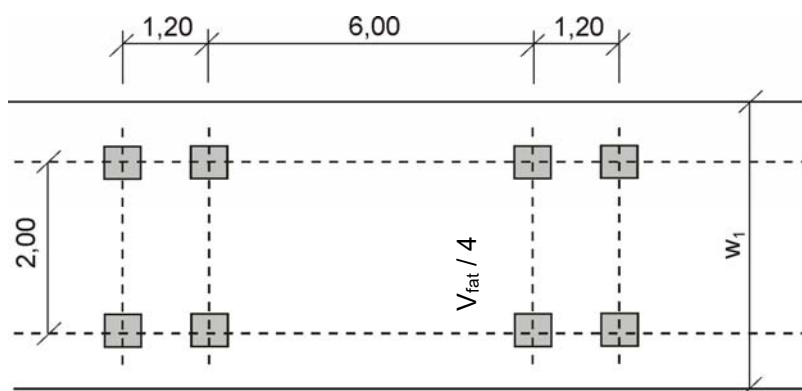
9.5 Zaťažiteľnosť lávok pre cyklistov a peších

Model pre stanovenie normálnej zaťažiteľnosti predstavuje spojité rovnomerné zaťaženie v_w , umiestnené na objekte. Pre umiestnenie zaťaženia platí čl. 5.3.2.1 STN EN 1991-2.

10 Posúdenie na únavu

Doprava pôsobiaca na cestných mostoch vyvoláva napätové spektrá, ktorých dôsledkom je vznik únavových javov. V prípade mostných konštrukcií sa uvažuje zväčša vysoko-cyklická únava. Vyvolané napätové spektrá v konštrukcii závisia od zloženia dopravného prúdu, teda geometrických parametrov vozidiel, počtu pomalých jazdných pruhov a počtu ťažkých vozidiel za rok. STN EN 1991-2, definuje 5 možných únavových modelov (FLM). Voľba a používanie jednotlivých únavových modelov sa aplikuje v závislosti od odporúčaných metód posudzovania únavy a podľa typu jednotlivých materiálov, teda aplikácie návrhových noriem.

V prípade, ak nie sú k dispozícii merania skutočného prevádzkového zaťaženia na moste (model FLM5), pri výpočte zaťažiteľnosti z pohľadu únavy pre betónové, príp. oceľové mostné konštrukcie je možné použiť v súlade s STN EN 1991-2, únavový zaťažovací model 3 (FLM3). Ide o 4-nápravové vozidlo s geometriou podľa obrázka 5 a s kontaktnou plochou kolesa (0,40 x 0,40) m. Tento model je možné použiť aj na priamy výpočet zjednodušenými metódami, napr. metódou ekvivalentného rozkmitu napätí.



Obrázok 5 Schéma vozidla pre únavový zaťažovací model 3

Hmotnosť vozidla pre únavové namáhanie V_{fat} sa určí podľa týchto TP, STN EN 1990, STN EN 1991-2 a podľa príslušných návrhových noriem pre betónové, oceľové, spriahnuté, murované a drevené mostné konštrukcie so zohľadnením vyššie uvedených parametrov dopravného prúdu, kvality povrchu jazdnej dráhy ako aj zvyškovej životnosti mosta. Most vyhovuje pre únavový zaťažovací model 3 v prípade, ak platí:

$$V_{fat} \geq V_{fatn} \quad (16)$$

Hodnota $V_{fatn} = 48$ t. Normálna zaťažiteľnosť sa uvažuje hodnotou vypočítanou podľa čl. 9.1 týchto TP.

V prípade, ak pri posúdení na únavu podmienka (16) nebude splnená, vypočítaná normálna zaťažiteľnosť V_n sa redukuje súčiniteľom ν pre ktorý platí:

$$\nu = V_{fat} / V_{fatn} \quad (17)$$

11 Postup pri výpočte zaťažiteľnosti

11.1 Faktor normálnej zaťažiteľnosti a normálna zaťažiteľnosť

Pri stanovení faktora normálnej zaťažiteľnosti sa vychádza z modelu zaťaženia LM1 podľa STN EN 1991-2. Postup je nasledovný:

- Konštrukcia sa zaťaží zaťažením podľa schémy na obrázku 1.
- Určí sa rozhodujúca statická veličina od tohto zaťaženia a kritický prierez rozhodujúceho prvku mostu.
- Určí sa rozhodujúci medzný stav a na jeho základe sa stanoví odolnosť prvku.
- Stanoví sa F_z na základe toho, že v príslušnej rovnici sa účinok $Q_{0,LM1}$ nahradí redukovanou hodnotou $F_z \cdot Q_{0,LM1}$.

V prípade, že nie je možné jednoznačne určiť rozhodujúcu statickú veličinu alebo rozhodujúci prvok či prierez, stanoví sa hodnoty F_z pre súbor vybraných prvkov. F_z konštrukcie sa určí ako minimálna hodnota.

Ak pri pôsobení LM1 na konštrukciu je rozhodujúci jeho lokálny účinok, určí sa v takomto prípade aj zaťažiteľnosť na jednu nápravu.

Normálna zaťažiteľnosť sa určí zo známej hodnoty F_z podľa vzťahu (14).

11.2 Zaťažiteľnosť na jednu nápravu

Pri stanovení zaťažiteľnosti na jednu nápravu sa uvažuje zaťaženie jednou nápravou podľa čl. 4.3.3 STN EN 1991-2 s dynamickým súčiniteľom podľa čl. 9.2. týchto TP a s rozmermi kontaktnej kolesovej plochy podľa obrázku 2. V opodstatnených prípadoch sa uvažuje zaťaženie jedným kolesom. Postup je nasledovný:

- Konštrukcia sa zaťaží jednou nápravou príp. jedným kolesom podľa schémy na obrázku 2.
- Určí sa rozhodujúci medzný stav a na jeho základe sa stanoví odolnosť prvku.
- Stanoví sa W_j , pričom sa uvažuje dynamický súčiniteľ podľa čl. 9.2 týchto TP.

11.3 Výhradná zaťažiteľnosť

Pri stanovení výhradnej zaťažiteľnosti sa uvažuje ako zaťaženie zvláštne vozidlo 900/150 podľa STN EN 1991-2 čl. A.2(1), ktorého schéma je na obrázku. Pri určovaní výhradnej zaťažiteľnosti sa postupuje nasledovne:

- Konštrukcia sa zaťaží zaťažením podľa schémy na obrázku 3.
- Určí sa rozhodujúca statická veličina od tohto zaťaženia a kritický prierez rozhodujúceho prvku mostu.
- Určí sa rozhodujúci medzný stav a na jeho základe sa stanoví odolnosť prvku.
- Stanoví sa W_r , pričom sa uvažuje dynamický súčiniteľ podľa vzťahu (15).

11.4 Výnimočná zaťažiteľnosť

Pri stanovení výnimočnej zaťažiteľnosti na mostoch sa uvažuje ako zaťaženie zvláštne vozidlo 3000/240 podľa STN EN 1991-2 čl. A.2(1), ktorého schéma je na obrázku 4. Pri určovaní výhradnej zaťažiteľnosti sa postupuje nasledovne:

- a) Konštrukcia sa zaťaží zaťažením podľa schémy na obrázku 4.
- b) Určí sa rozhodujúca statická veličina od tohto zaťaženia a kritický prierez rozhodujúceho prvku mostu.
- c) Určí sa rozhodujúci medzný stav a na jeho základe sa stanoví odolnosť prvku.
- d) Stanoví sa W_e .

12 Stanovenie zaťažiteľnosti vzhľadom na konštrukčný materiál mosta

12.1 Parciálne súčinitele spoľahlivosti pre konštrukčné materiály mostov

Podľa STN EN 1990 je možné zmenšiť parciálne súčinitele spoľahlivosti (γ) pre charakteristiky, týkajúce sa odolnosti, za dodržania istých podmienok. Napr. ak sa overí kvalita betónu konštrukcie deštruktívne, napr. na jadrových vývrtoch v dostatočnom počte, je to možné pokladať za vyššiu triedu kontroly. Podobne sa možnosti úpravy parciálnych súčiniteľov vyskytujú aj v súboroch materiálových noriem radu STN EN 1992 až STN EN 1996.

12.2 Betónové mosty

12.2.1 Stanovenie zaťažiteľnosti s ohľadom na medzné stavy únosnosti

Pri stanovení zaťažiteľnosti vzhľadom na medzné stavy únosnosti sa postupuje podľa týchto TP a STN EN 1992-2.

12.2.2 Stanovenie zaťažiteľnosti s ohľadom na medzné stavy použiteľnosti

Pre stanovenie zaťažiteľnosti betónových mostov sú významné tieto medzné stavy obmedzujúce napätosť v betóne:

- a) medzný stav dekompresie (pre mosty z predpätého betónu);
- b) medzný stav šírky trhlín (pre mosty zo železového a prepätého betónu).

Pre obmedzenia napätosti a šírky trhlín platí tabuľka 7.101 N/NA z STN EN 1992-2/NA. V prípade starších mostov s nízkou zostatkovou životnosťou je možné po dohode s príslušným orgánom štátnej správy zmierniť požiadavky uvedené v tabuľke 7.101 N/NA.

Poznámka: Pre mosty z predpätého betónu je spravidla určujúci výpočet zaťažiteľnosti podľa medzných stavov použiteľnosti. Pri stanovení zaťažiteľnosti môže byť rozhodujúca kombinácia častá alebo menej častá a to v závislosti od typu predpätia a lokalizácie posudzovaného miesta v konštrukcii.

12.3 Oceľové a oceľobetónové mosty

Pri stanovení zaťažiteľnosti oceľových a oceľobetónových mostov sa postupuje podľa týchto TP a STN EN 1993-2.

12.4 Drevené mosty

Pri stanovení zaťažiteľnosti drevených mostov sa postupuje podľa týchto TP a STN EN 1995-2.

12.5 Murované mosty

Pri stanovení zaťažiteľnosti murovaných sa postupuje podľa týchto TP a STN EN 1996-2. Pri posúdení murovaných klenbových mostov je možné po dohode so správcom použiť pre statický výpočet iné praxou overené predpisy.

13 Stanovenie zaťažiteľnosti vzhľadom na históriu mosta

13.1 Všeobecne

Podľa týchto TP sa pre každý nový most alebo starý most navrhnutý na rekonštrukciu vykoná posúdenie, do akej miery most vyhovuje na základný zaťažovací model podľa STN EN 1991 – 2 čl. 4.3.2.

13.2 Projektované nové mosty

V prípade projektovaných nových mostov sa stanovuje faktor normálnej zaťažiteľnosti podľa čl. 9.1 týchto TP, jeho hodnota $F_z \geq 1$. V rámci statického výpočtu sa vykoná výpočet výhradnej zaťažiteľnosti podľa čl. 9.3 týchto TP a výpočet výnimočnej zaťažiteľnosti podľa čl. 9.4 týchto TP.

13.3 Mosty uvádzané do prevádzky

Pri nových mostoch uvádzaných do prevádzky sa vykoná prvá hlavná prehliadka, prípadne zaťažovacia skúška. Ak sa pri prvej hlavnej prehliadke zistia odchýlky od projektu alebo poruchy, ktoré majú vplyv na zaťažiteľnosť, je nutné urobiť nový prepočet zaťažiteľnosti, pričom vo výpočtovom modeli sa zohľadnia zistené odlišnosti, rovnako ako pri stanovení odolnosti prvkov.

Ak sa na moste vykoná statická zaťažovacia skúška podľa STN 73 6209 a nie sú splnené jej kritériá, je nutné zistiť príčinu. Ak zistená príčina ovplyvňuje statický výpočet zaťažiteľnosti, je nutné výpočet zaťažiteľnosti korigovať.

13.4 Mosty v prevádzke navrhnuté podľa STN EN

Zaťažiteľnosť mostov v prevádzke, ktoré boli navrhnuté podľa STN EN a boli určené na rekonštrukciu/prestavbu/opravu sa stanoví podľa týchto TP. Ak sa na mostoch pri hlavnej prehliadke, prípadne diagnostickom prieskume, nezistia odchýlky od projektovaného stavu, je možné použiť výsledky existujúceho statického výpočtu pre stanovenie normálnej, prípadne výnimočnej zaťažiteľnosti (ak bol most navrhnutý na zaťaženie zvláštnym vozidlom 3000/240 podľa A.2(1) STN EN 1991-2). V prípade zistenia odchýlok od projektovej dokumentácie alebo pri výskyte porúch, ktoré majú vplyv na zaťažiteľnosť mosta, musia sa tieto odchýlky alebo poruchy zohľadniť pri výpočte zaťažiteľnosti.

13.5 Mosty v prevádzke navrhnuté podľa STN, ČSN prípadne podľa iných predpisov

Zaťažiteľnosť mostov navrhnutých podľa STN, ČSN a iných predpisov (napr. zahraničných noriem), ktoré boli určené na rekonštrukciu/prestavbu/opravu sa stanoví podľa týchto TP.

Kombinácie zaťaženia pre stanovenie zaťažiteľnosti mostov sa stanovujú podľa STN EN 1990 a STN EN 1991-2 s ohľadom na overované medzné stavy.

Kombinácie zaťažení sa doplnia o kombináciu pre posúdenie na únavu podľa tabuľky 1.

Pri stanovení odolnosti prvkov sa použijú triedy materiálov podľa príslušných materiálových STN, pričom platia ustanovenia STN ISO 13822.

Pre použitie parciálnych súčiniteľov spoľahlivosti možno aplikovať čl. 12.1 týchto TP.

14 Evidencia zaťažiteľnosti

14.1 Všeobecne

Evidenciu zaťažiteľností mostov zabezpečuje vlastník/správca.

V evidencii zaťažiteľností mostov sa uvedú všetky druhy zaťažiteľnosti požadované podľa týchto TP. Zaťažiteľnosť normálna, zaťažiteľnosť výhradná a zaťažiteľnosť výnimočná sa stanovujú pre všetky mosty a ich hodnoty sa zaokrúhľujú smerom nadol na celé tony. Zaťažiteľnosť na jednu nápravu sa stanovuje v odôvodnených prípadoch a zaokrúhľuje sa nadol na desatiny ton. Zaťažiteľnosť lávok pre peších sa zaokrúhľuje nadol na desatiny ton.

Pri príslušných hodnotách zaťažiteľnosti sa uvedie dátum stanovenia zaťažiteľnosti a v popise konštrukcie sa zaznačí poloha jazdnej stopy, uvažovaná vo výpočte výnimočnej zaťažiteľnosti.

Mostný zošit sa doplní prílohou, ktorá upresňuje:

- a) spôsob stanovenia jednotlivých druhov zaťažiteľnosti (podrobný statický výpočet, kombinovaný statický výpočet, iný spôsob);
- b) údaj o tom, ktorý prvok konštrukcie rozhodoval o zaťažiteľnosti a rozhodujúci medzný stav.

14.2 Povinnosti zhotoviteľa projektovej dokumentácie mostov

Zhotoviteľ projektovej dokumentácie nového alebo rekonštruovaného mosta je povinný v rámci statického výpočtu mostnej konštrukcie zhotoviť výpočet zaťažiteľnosti mosta podľa týchto TP.

Zhotoviteľ dokumentácie pre opravu mosta je povinný vykonať výpočet zaťažiteľnosti mosta v prípade, že obsahom opravy je zosilnenie, prípadne rozšírenie nosnej konštrukcie, alebo ak v dôsledku opravy dôjde k zmene zaťaženia.

Pri každom zhotovení komplexnej diagnostiky mosta sa vyžaduje stanoviť zaťažiteľnosť, prípadne potvrdiť platnosť už stanovenej zaťažiteľnosti. Posúdenie potreby stanovenia zaťažiteľnosti je súčasťou hlavnej prehliadky mosta a uvedie sa v zázname z hlavnej prehliadky.

15 Vyznačenie zaťažiteľnosti na mostoch

V prípade, ak stanovené hodnoty zaťažiteľnosti sú nižšie ako hraničné hodnoty, je potrebné pred mostom osadiť dopravné značky, ktoré obmedzia prejazd vozidiel po moste.

Na každý most, ktorého normálna zaťažiteľnosť je nižšia ako 26 t alebo výhradná zaťažiteľnosť je nižšia ako 48 t, je nutné inštalovať príslušnú dopravnú značku, prípadne aj dodatkovú tabuľku s nápisom jediné vozidlo s uvedenou max. hmotnosťou tohto vozidla, ktoré obmedzujú okamžitú celkovú hmotnosť vozidiel. Hodnoty zaťažiteľností sa uvádzajú v tonách (t).

V prípade, ak je normálna zaťažiteľnosť rovná alebo vyššia ako 26 t ale výhradná zaťažiteľnosť je nižšia ako 48 t, osadí sa príslušná dopravná značka (napr. 30 t) aj dodatková tabuľka (napr. Jediné vozidlo 38 t).

Na príslušnej dopravnej značke sa vyznačuje normálna zaťažiteľnosť a na dodatkovej tabuľke výhradná zaťažiteľnosť.

V prípade mostov, pri ktorých sa stanovila zaťažiteľnosť na jednu nápravu nižšia ako 11,5 t, je nutné navyše osadiť značku obmedzujúcu zaťaženie na jednu nápravu. Hodnota zaťažiteľnosti na jednu nápravu sa udáva v desatinách ton.

Príslušnou dopravnou značkou osadzovanou pre účely vyznačenia zaťažiteľnosti je značka č. B 25:



Poznámka: Podľa vyhlášky MV SR č. 9/2009 Z. z., II diel, VÝZNAM DOPRAVNÝCH ZNAČIEK, DOPRAVNÝCH ZARIADENÍ A OSOBITNÝCH OZNAČENÍ:

Značka „Zákaz vjazdu vozidiel, ktorých okamžitá hmotnosť presahuje vyznačenú hranicu“ (č. B 25) zakazuje vjazd vozidlám, ktorých okamžitá hmotnosť presahuje vyznačenú hranicu na značke, najmä na mostné objekty, ktorých dovolená zaťažiteľnosť neumožňuje vjazd vozidlám, ktorých okamžitá hmotnosť presahuje vyznačenú hranicu povolenú pre bežnú cestnú premávku. Pri jazdnej súprave sa obmedzenie okamžitej hmotnosti vzťahuje na jednotlivé vozidlá súpravy.

Ak je značka doplnená dodatkovou tabuľkou s nápisom „Jediné vozidlo x t“, smie do takto označeného úseku vojsť jediné vozidlo, ktorého okamžitá hmotnosť, ak ide o súpravu okamžitá hmotnosť všetkých vozidiel súpravy, síce presahuje údaj na značke, nie však údaj na dodatkovej tabuľke; vodič je povinný zabezpečiť, aby na taký úsek nevchádzali súčasne z nijakého smeru iné vozidlá, pričom na tento účel možno zastavovať iné vozidlá. Okamžitá hmotnosť znamená skutočnú hmotnosť vozidla s nákladom, vodičom a s cestujúcimi.

Dodatková tabuľka:



Príslušnou dopravnou značkou osadzovanou na účely vyznačenia zaťažiteľnosti na jednu nápravu je značka č. B 26:



Poznámka: Podľa vyhlášky MV SR č. 9/2009 Z. z., II diel, VÝZNAM DOPRAVNÝCH ZNAČIEK, DOPRAVNÝCH ZARIADENÍ A OSOBITNÝCH OZNAČENÍ: Značka „Zákaz vjazdu vozidiel, ktorých okamžitá hmotnosť pripadajúca na nápravu presahuje vyznačenú hranicu“ (č. B 26) zakazuje vjazd vozidlám, ktorých okamžitá hmotnosť pripadajúca na nápravu presahuje vyznačenú hranicu. Značkou sa označujú úseky ciest a mostné objekty, ktorých dovolená zaťažiteľnosť neumožňuje vjazd vozidlám, pri ktorých zaťaženie na ktorúkoľvek nápravu presahuje vyznačenú určenú hranicu. Okamžitá hmotnosť znamená skutočnú hmotnosť vozidla s nákladom, vodičom a s cestujúcimi.

Príloha 1 (informatívna) Príklad stanovenia zaťažiteľnosti mosta z podmienok spoľahlivosti

P 1.1 Všeobecne

Zaťažiteľnosť mostov sa vypočíta z rozhodujúcich silových, deformačných, stabilitných a geotechnických podmienok. Pri ich zostavovaní sa postupuje podľa STN EN 1990.

P 1.2 Výpočet zaťažiteľnosti podľa medzných stavov únosnosti nepredpätých mostov

P 1.2.1 Podmienky pri výpočte podľa medzných stavov únosnosti

Pre výpočet zaťažiteľnosti podľa medzných stavov únosnosti sa overuje splnenie podmienky:

$$E_d \leq R_d \quad (P1.1)$$

kde:

E_d sú návrhové hodnoty účinkov zaťaženia pre medzné stavy únosnosti;

R_d návrhové hodnoty odolnosti podľa príslušných materiálových noriem STN .

V prípade, keď pre výpočet zaťažiteľnosti sú rozhodujúce ohybové momenty, vychádza sa z podmienky:

$$M_{Ed} \leq M_{Rd} \quad (P1.2)$$

kde:

M_{Ed} je návrhová hodnota ohybového momentu rozhodujúceho prvku v rozhodujúcom priereze od príslušnej kombinácie zaťaženia;

M_{Rd} návrhová hodnota momentu únosnosti rozhodujúceho prvku v rozhodujúcom priereze.

Pri výpočte zaťažiteľnosti podľa kombinácií pre overenie mechanickej odolnosti (STR/GEO) v súlade STN EN 1990 podľa vzťahu (6) pre ohybový moment M_{Ed} platí:

$$M_{Ed,a} = \sum_j \gamma_{G,j,sup} \cdot M_{Gk,j,sup} + \sum_j \gamma_{G,j,inf} \cdot M_{Gk,j,inf} + \gamma_{Q,1} \cdot M_{Qk,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot M_{Qk,i} \quad (P1.3)$$

Pri použití vzťahov (7a),(7b) podľa STN EN 1990 platí:

$$M_{Ed,a} = \sum_j \gamma_{G,j,sup} \cdot M_{Gk,j,sup} + \sum_j \gamma_{G,j,inf} \cdot M_{Gk,j,inf} + \gamma_{Q,1} \cdot \psi_{0,1} \cdot M_{Qk,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot M_{Qk,i} \quad (P1.4a)$$

$$M_{Ed,b} = \sum_j \zeta \cdot \gamma_{G,j,sup} \cdot M_{Gk,j,sup} + \sum_j \zeta \cdot \gamma_{G,j,inf} \cdot M_{Gk,j,inf} + \gamma_{Q,1} \cdot M_{Qk,1} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot M_{Qk,i} \quad (P1.4b)$$

kde :

$M_{Gk,j,sup}$ je charakteristická hodnota ohybového momentu od nepriaznivo pôsobiaceho stáleho zaťaženia;

$M_{Gk,j,inf}$ charakteristická hodnota ohybového momentu od priaznivo pôsobiaceho stáleho zaťaženia;

$M_{Qk,1}$ charakteristická hodnota ohybového momentu od hlavného premenného zaťaženia, stanovená pre príslušnú zaťažiteľnosť V_z ;

$Q_{k,i}$ charakteristická hodnota ostatných sprievodných premenných zaťažení,

$\psi_{0,i}$ kombinačný súčiniteľ pre medzné stavy únosnosti;

ζ redukčný súčiniteľ pre nepriaznivé stále zaťaženie;

$\gamma_{G,j,sup}$ parciálny súčiniteľ spoľahlivosti nepriaznivo pôsobiaceho stáleho zaťaženia;

$\gamma_{G,j,inf}$ parciálny súčiniteľ spoľahlivosti priaznivo pôsobiaceho stáleho zaťaženia;

$\gamma_{Q,1}$ parciálny súčiniteľ spoľahlivosti hlavného premenného zaťaženia;

$\gamma_{Q,i}$ parciálny súčiniteľ spoľahlivosti ostatných sprievodných premenných

zaťaženie.

V kombináciách sa uvažuje $\zeta = 0,85$, $\gamma_{G,j,sup} = 1,35$, $\gamma_{G,j,inf} = 1,00$ a $\gamma_{Q,1} = 1,35$.

Pri kombinácii zaťaženie pre medzný stav únosnosti podľa výrazov P1.3 a P1.4a a P1.4b sa vypočíta kapacitný (index c) ohybový moment pre príslušnú zaťažiteľnosť (index z):

$$M_{Wc,z} = M_{Rd} - \sum_j \gamma_{G,j,sup} \cdot M_{Gk,j,sup} + \sum_j \gamma_{G,j,inf} \cdot M_{Gk,j,inf} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot M_{Qk,i} \quad (P1.5)$$

$$M_{Wc,z,a} = M_{Rd} - \sum_j \gamma_{G,j,sup} \cdot M_{Gk,j,sup} + \sum_j \gamma_{G,j,inf} \cdot M_{Gk,j,inf} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot M_{Qk,i} \quad (P1.6a)$$

$$M_{Wc,z,b} = M_{Rd} - \sum_j \zeta \cdot \gamma_{G,j,sup} \cdot M_{Gk,j,sup} - \sum_j \zeta \cdot \gamma_{G,j,inf} \cdot M_{Gk,j,inf} - \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot M_{Qk,i} \quad (P1.6b)$$

Pre výpočet zaťažiteľnosti je rozhodujúca menšia z hodnôt $M_{Wc,z,a}$, $M_{Wc,z,b}$.

P 1.2.2 Výpočet faktora normálnej zaťažiteľnosti a hodnoty normálnej zaťažiteľnosti

Pre výpočet faktora normálnej zaťažiteľnosti na základe overenia mechanickej odolnosti podľa vzťahov P1.3., P1.4a, P1.4b sa určí veľkosť kapacitného momentu pre hlavné premenné zaťaženie (index n) s uvážením príslušných súčiniteľov γ a ψ .

a) pre overenie mechanickej odolnosti:

a1) pri použití vzťahu (P1.5):

$$M_{Wc,n} = M_{Rd} - \sum_j \gamma_{G,j,sup} \cdot M_{Gk,j,sup} + \sum_j \gamma_{G,j,inf} \cdot M_{Gk,j,inf} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot M_{Qk,i} \quad (P1.7)$$

a2) pri použití vzťahov (A.6a),(A.6b):

$$M_{Wc,n,a} = M_{Rd} - \sum_j \gamma_{G,j,sup} \cdot M_{Gk,j,sup} + \sum_j \gamma_{G,j,inf} \cdot M_{Gk,j,inf} + \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot M_{Qk,i} \quad (P1.8a)$$

$$M_{Wc,n,b} = M_{Rd} - \sum_j \zeta \cdot \gamma_{G,j,sup} \cdot M_{Gk,j,sup} - \sum_j \zeta \cdot \gamma_{G,j,inf} \cdot M_{Gk,j,inf} - \sum_{i>1} \gamma_{Q,i} \cdot \psi_{0,i} \cdot M_{Qk,i} \quad (P1.8b)$$

Pre výpočet momentov sa uvažujú kombinácie uvažujú zostavy zaťaženie podľa tabuľky 1.

Faktor normálnej zaťažiteľnosti sa určí podľa vzťahu (13):

$$F_z = M_{Wc,n} / M_{WLM1} \quad (P1.9)$$

kde:

$M_{Wc,n}$ je kapacitný ohybový moment pre normálnu zaťažiteľnosť;

M_{WLM1} ohybový moment od účinku zaťaženia LM1 (s príslušnými súčiniteľmi γ a ψ)

Veľkosť normálnej zaťažiteľnosti sa určí podľa vzťahu (14).

P 1.2.3 Výpočet výhradnej, výnimočnej zaťažiteľnosti a zaťažiteľnosti na jednu nápravu

Pre výpočet uvedených druhov zaťažiteľnosti sa na danej konštrukcii určí veľkosť ohybového momentu $M_{Wz,1}$ (s príslušnými súčiniteľmi γ a ψ) od zaťaženia vozidlom celkovej tiaže $W_{z,1} = 1\text{kN}$, reprezentujúceho jednotlivú zaťažiteľnosť W_z ($z=r$ pre výhradnú zaťažiteľnosť, $z=e$ pre výnimočnú zaťažiteľnosť a $z=j$ pre zaťažiteľnosť na jednu nápravu).

Pre stanovenie výhradnej zaťažiteľnosti sa použije zostava zaťaženia podľa tabuľky 2.

Pre hľadanú tiaž vozidla platí:

$$M_{Wc,z} = \varphi \cdot W_z \cdot M_{Wz,1} \quad (\text{P1.10})$$

Zaťažiteľnosť (v kN) sa potom určí podľa vzťahu:

$$W_z = \frac{M_{Wc,z}}{\varphi \cdot M_{Wz,1}} \quad (\text{P1.11})$$

P 1.2.4 Výpočet zaťažiteľnosti pre predpäté betónové mosty

V prípade mostov z predpätého betónu je do výpočtu potrebné zahrnúť účinky predpätia podľa vzťahov (5), (6), (7).

P 1.3 Výpočet zaťažiteľnosti podľa medzných stavov používateľnosti

P 1.3 Výpočet zaťažiteľnosti pre predpäté mosty

Pri stanovení zaťažiteľnosti mosta podľa medzných stavov používateľnosti platí, že sa musí overiť podmienka (8).

V prípade, že sa použije častá kombinácia zaťaženia pre posúdenie na medzný stav používateľnosti podľa vzťahu (9), pre stanovenie podmienky zaťažiteľnosti sa použijú funkcie:

a) pre normálnu zaťažiteľnosť:

$$E_d = f \sum_j \left(G_{k,j}, P_k, \psi_{1,1} \cdot F_z \cdot Q_{LM1}, \sum_{i>1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \right) = C_d \quad (\text{P1.12})$$

b) pre ostatné druhy zaťažiteľnosti:

$$E_d = f \sum_j \left(G_{k,j}, P_k, \psi_{1,1} \cdot \varphi \cdot W_z, \sum_{i>1} \psi_{2,i} \cdot Q_{k,i} \right) = C_d \quad (\text{P1.13})$$

Pri stanovení príslušnej zaťažiteľnosti mostu sa vychádza z podmienky (8).

Ak rozhodujú ohybové momenty platí vzťah:

$$M_{Efrq} = M_{Rk} \quad (\text{P1.14})$$

kde:

M_{Efrq} je hodnota ohybového momentu od častej kombinácie zaťaženia;

M_{Rk} hodnota odolnosti rozhodujúceho prvku v rozhodujúcom priereze, odvodená z požiadaviek medzného stavu používateľnosti.

Pre častú kombináciu zaťaženia platí

a) v prípade normálnej zaťažiteľnosti:

$$M_{Efrq} = \sum_j M_{Gk,j} + M_{Pk} + \psi_{1,1} \cdot F_z \cdot M_{LM1} + \sum_{i>1} \psi_{2,i} \cdot M_{Qk,i} \quad (P1.15)$$

b) pre ostatné druhy zaťažiteľnosti:

$$M_{Efrq} = \sum_j M_{Gk,j} + M_{Pk} + \psi_{1,1} \cdot M_{Wc,z} + \sum_{i>1} \psi_{2,i} \cdot M_{Qk,i} \quad (P1.16)$$

Z rovnice (P1.15) sa určí F_z a podľa vzťahu (14) sa stanoví normálna zaťažiteľnosť W_n .

Pri stanovení výhradnej a výnimočnej zaťažiteľnosti, prípadne zaťažiteľnosť na jednu nápravu sa vypočíta z rovnice (P1.16) hodnota $M_{Wc,z}$. Hodnoty zaťažiteľnosti sa stanovujú podľa vzťahov (P1.10) a (P1.11).

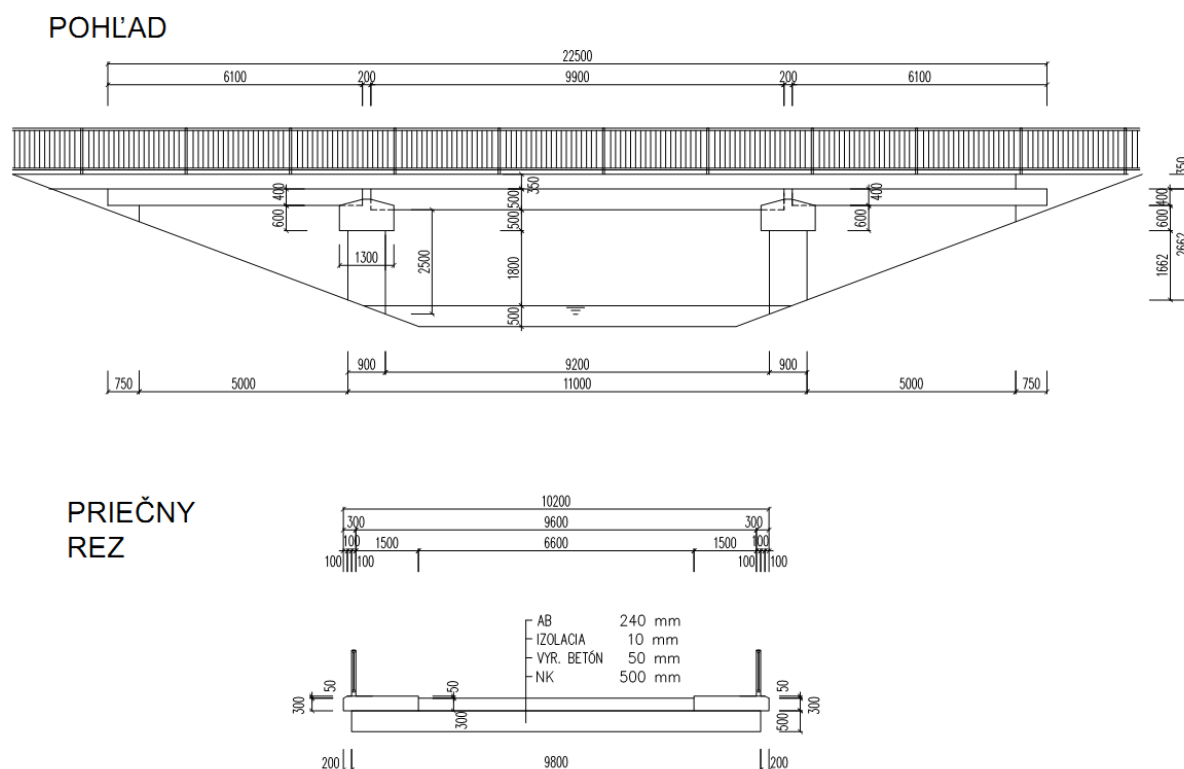
Príloha 2 (informatívna) Vzorový príklad výpočtu zaťažiteľnosti

P 2.1 Úvod

Vzorový príklad predstavuje výpočet zaťažiteľnosti podľa týchto TP 02/2016 Zaťažiteľnosť cestných mostov a lávok. Ide o skutočný mostný objekt. Údaje o rozmeroch, vystužení a kvalitatívnych parametroch použitých materiálov boli získané diagnostickým prieskumom. Vo výpočte sú použité značky podľa príslušných STN EN a týchto TP 02/2016.

P 2.2 Základné údaje o moste

Most bol postavený v 1973. Svetlosť otvorov (5,0+9,2+5,0) m, výška nad hladinou 1,90 m. Konštrukcia mosta je na obrázku P 2.1.



Obrázok P 2.1 Pozdĺžny a priečny rez mosta

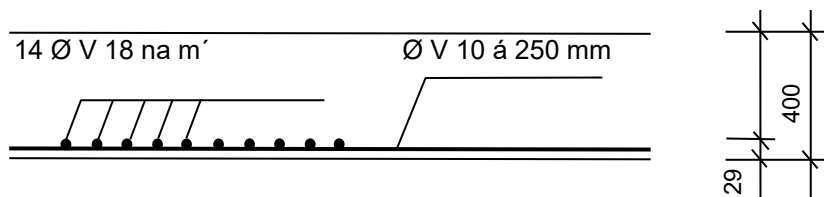
Spodná stavba: Masívne betónové opory a medziľahlé podpery. Betón C30/37.

Horná stavba: Železobetónové dosky prosto uložené. Betón dosák C45/55.

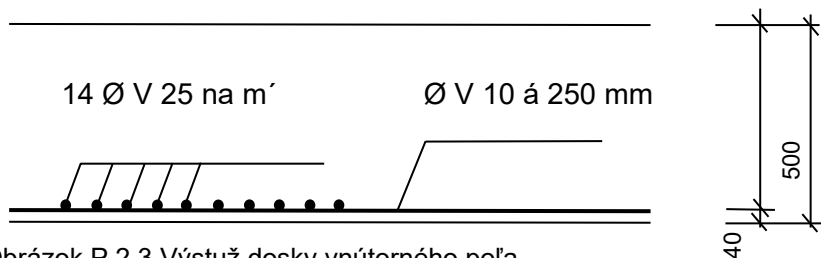
Krajné dosky: Hrúbka 0,4 m. Hlavná výstuž na 1 m' 14 ØV 18, koróziu zmenšená na Ø 17 mm, krytie 20 mm. Rozdeľovacia Ø 10 mm, po 250 mm, leží pod ňou. Betón dosky C45/55 (obrázok P 2.2).

Vnútorňá doska: Hlavná výstuž na 1 m' 14 ØV 25, koróziu stenčená na Ø 22 mm, krytie 20 mm. Rozdeľovacia Ø 10 mm, po 250 mm, leží pod ňou (obrázok P 2.3).

Mostný zvršok: Betónové rímasy po oboch stranách, s chodníkom šírky 1,50 m, vozovka s vrstvami AB hrúbky 240 mm, 10 mm izolácia, 50 mm vrstva - vyrovnávací betón. Zábradlie oceľové, výška 1,10 m zvislá výplň.



Obrázok P 2.2 Výstuž dosky krajných poľí



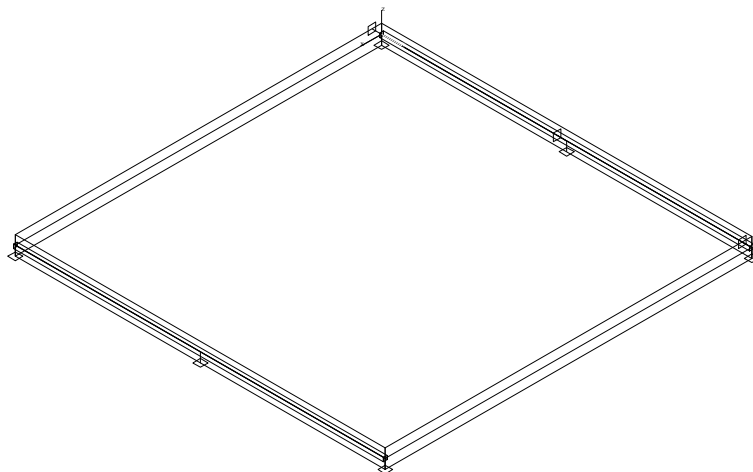
Obrázok P 2.3 Výstuž dosky vnútorného poľa

P 2.3 Statický prepočet nosnej konštrukcie

P 2.3.1 Výpočtový model

Statický prepočet nosnej konštrukcie bol vykonaný na základe výsledkov diagnostiky mosta. Ide o proste uložené ŽB dosky na podperách. Teoretické rozpätie krajných poľí je uvažované $L_{\text{eff}} = 5,0 \text{ m} + 2 \times 0,2 \text{ m} = 5,40 \text{ m}$, stredné pole $L_{\text{eff}} = 9,2 \text{ m} + 2 \times 0,25 \text{ m} = 9,70 \text{ m}$. Pre porovnanie bol realizovaný prepočet dosky s najväčším rozpätím – 9,70 m.

Numerický model dosky hr. 500 mm a pôdorysných rozmerov 9,70 m x 9,80 m bol vytvorený v systéme FEAT 2000, obrázok P 2.4



Obrázok P 2.4 Numerický model dosky

P 2.3.2 Výpočet zaťaženia

Zaťaženie bolo uvažované v súlade s normou STN EN 1991-2 a národnou prílohou NA k tejto norme. Nižšie je uvedený výpočet **charakteristických hodnôt zaťaženia**.

P 2.3.2.1 Stále zaťaženie

Vlastnú tiaž dosky (G_o) si generuje program automaticky na základe geometrických a materiálových parametrov.

Ostatné stále zaťaženie (G_s):

Vozovka:

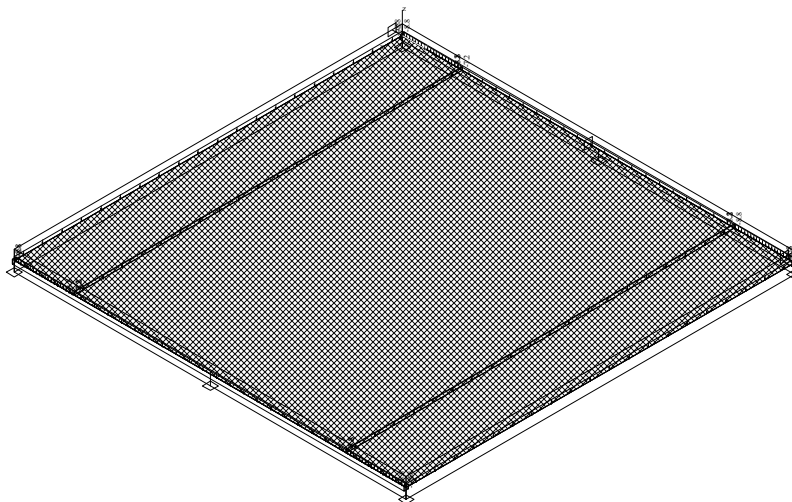
AB:	výška $h =$	0,24 m
	$G_{ik} = h \times 24 =$	5,76 kN/m ²
izolácia:	výška $h =$	0,01 m
	$G_{ik} = h \times 14 =$	0,14 kN/m ²
vyrov. betón:	výška $h =$	0,05 m
	$G_{ik} = h \times 25 =$	1,25 kN/m ²
spolu:	$G_k =$	7,15 kN/m ²

Rímsa :

výška $h =$	0,35 m
$G_k = h \times 25 =$	8,75 kN/m ²

Zábradlie:

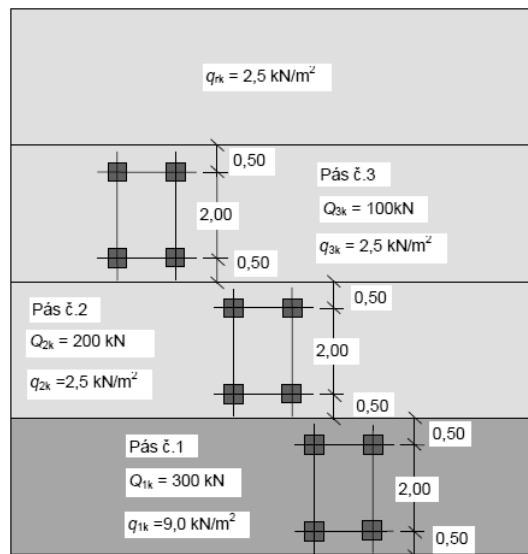
$G_k =$	0,50 kN/m
---------	-----------



Obrázok P 2.5 Stále zaťaženie - G_s

P 2.3.2.2 Premenné zaťaženie

Premenné zaťaženie je prepočítané cez výšku vrstiev vozovky, $h = 0,30$ m (ďalší možný roznoš do polovice hrúbky dosky, čo je v súlade s STN EN 1991-2 nebol aplikovaný, nakoľko je to na strane bezpečnosti a navyše, aby bolo možné porovnať s výpočtom podľa predchádzajúcej smernice za rovnakých podmienok). Roznošový uhol zaťaženia je uvažovaný hodnotou 45°.

Normálne zaťaženie - LM1

Obrázok P 2.6 Normálne zaťaženie

a) Tandemový systém:

redukčné súčinitele α_{Qi} a $\alpha_{q_i} = 0,9$ pre D, R a cesty I., II. a III. triedy

1. pruh:

koleso = 135,00 kN

priečny smer:

dĺžka = 0,40 m

dĺžka s roznosom = 1,00 m

pozdĺžny smer:

dĺžka = 0,40 m

dĺžka s roznosom = 1,00 m

celková roznášacia plocha = 1,00 m²

$$Q_k = 135,00 \text{ kN/m}^2$$

2. pruh:

koleso = 90,00 kN

priečny smer:

dĺžka = 0,40 m

dĺžka s roznosom = 1,00 m

pozdĺžny smer:

dĺžka = 0,40 m

dĺžka s roznosom = 1,00 m

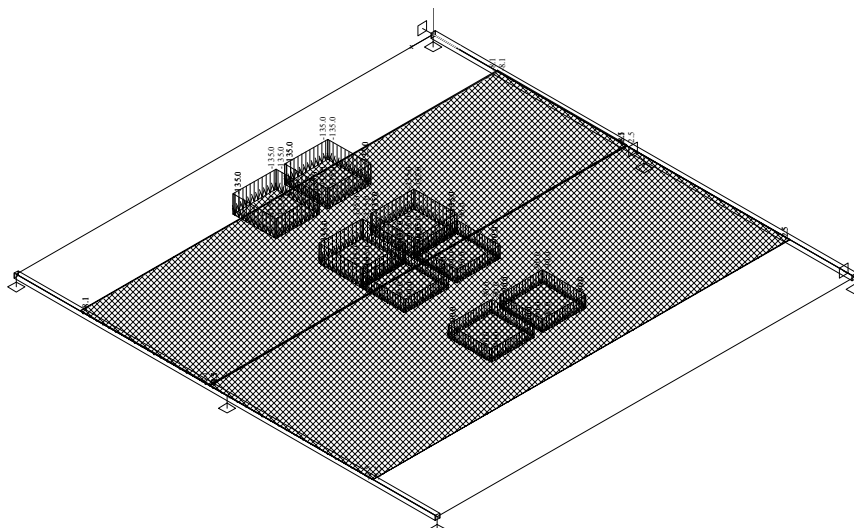
celková roznášacia plocha = 1,00 m²

$$Q_k = 90,00 \text{ kN/m}^2$$

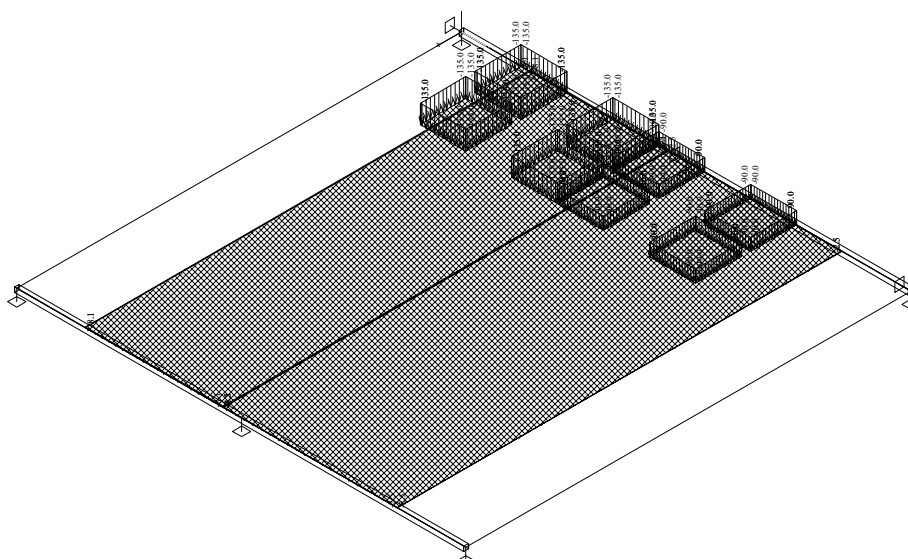
b) UDL:

1. pruh: $q_k = 8,10 \text{ kN/m}^2$

2. pruh a ostatné: $q_k = 2,50 \text{ kN/m}^2$



Obrázok P 2.7a Poloha normálneho zaťaženia pre výpočet max. ohybového momentu



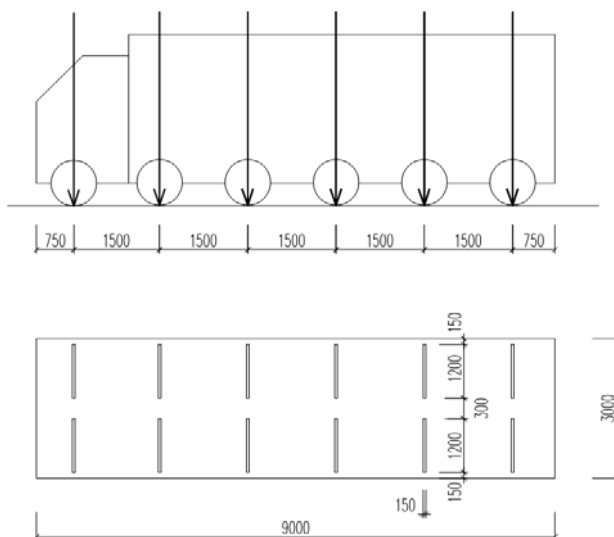
Obrázok P 2.7b Poloha normálneho zaťaženia pre výpočet max. posúvajúcej sily

Výhradné zaťaženie - zvláštne vozidlo 900/150

Dynamický súčiniteľ sa uvažuje podľa STN EN 1991-2 čl. A.3 (5), podľa vzťahu:

$$\varphi = 1,4 - \frac{L}{500} \quad \varphi > 1$$

Model vozidla pre výhradnú zaťažiteľnosť zodpovedá triede zvláštnych vozidiel 900/150 podľa STN EN 1991-2 čl. A.2(1). Výhradné zaťaženie sa kombinuje s ostatnými dopravnými zaťažienami podľa tabuľky 2 týchto TP. Súčiniteľ $\psi_{0,1}$ sa uvažuje hodnotou 0,75.



Obrázok P 2.8 Schéma vozidla pre stanovenie výhradnej zaťažiteľnosti

koleso = 75,00 kN

priečny smer:

dĺžka = 1,20 m

dĺžka s roznosom = 1,80 m

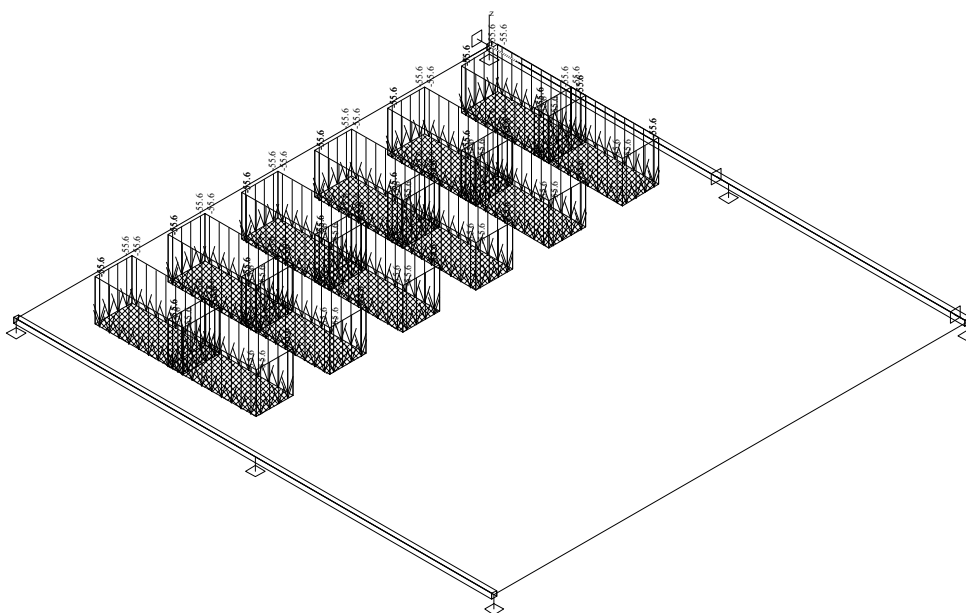
pozdĺžny smer:

dĺžka = 0,15 m

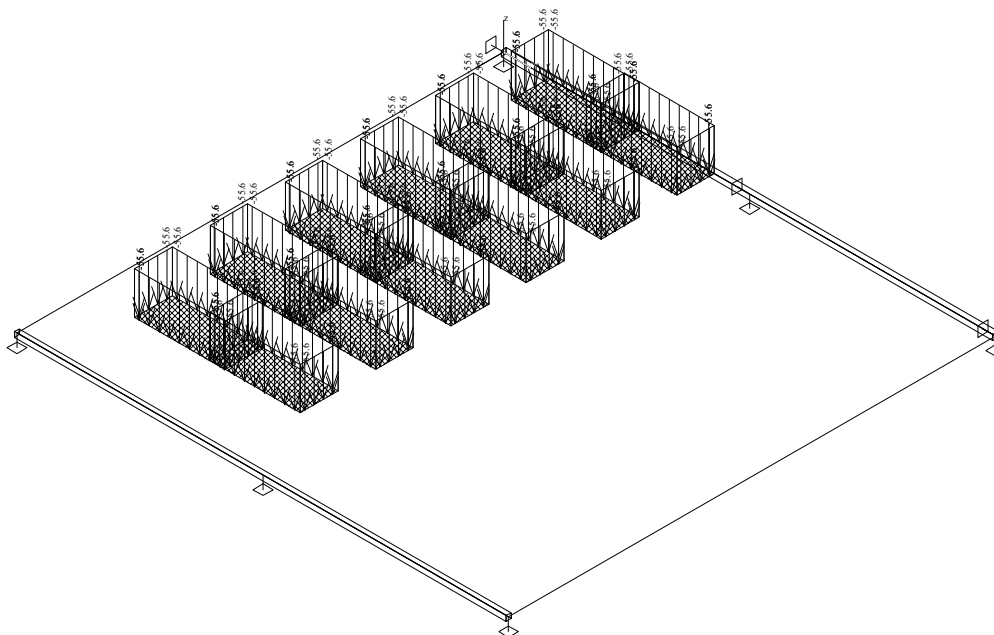
dĺžka s roznosom = 0,75 m

celková roznášacia plocha = 1,35 m²

$Q_k =$	55,56 kN/m²
---------	-------------------------------



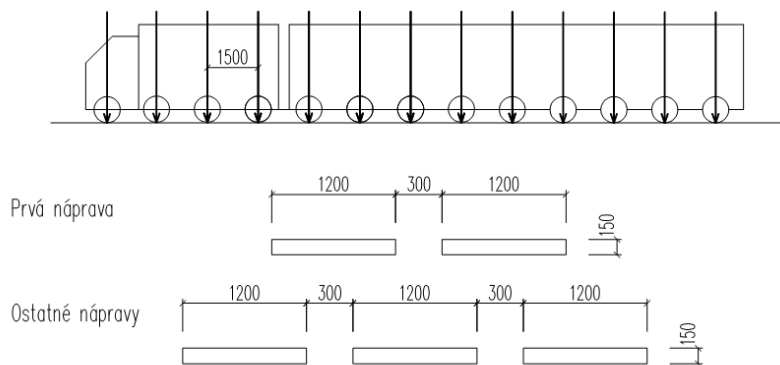
Obrázok P 2.9a Schéma polohy výhradného zaťaženia pre výpočet max. ohybového momentu



Obrázok P 2.9b Schéma polohy výhradného zaťaženia pre výpočet max. posúvajúcej sily

Výnimočné zaťaženie - zvláštne vozidlo 3000/240 – LM3

Model vozidla pre výnimočnú zaťažiteľnosť zodpovedá triede zvláštnych vozidiel LM3 3000/240 podľa A.2(1) STN EN 1991-2. Pre umiestnenie vozidla na moste platí národná príloha NA k STN 1991-2/NA čl. NA.2.16.



Obrázok P 2.10a Schéma vozidla pre stanovenie výnimočnej zaťažiteľnosti

koleso = 80,00 kN

priečny smer:

dĺžka = 1,20 m

dĺžka s roznosom = 1,80 m

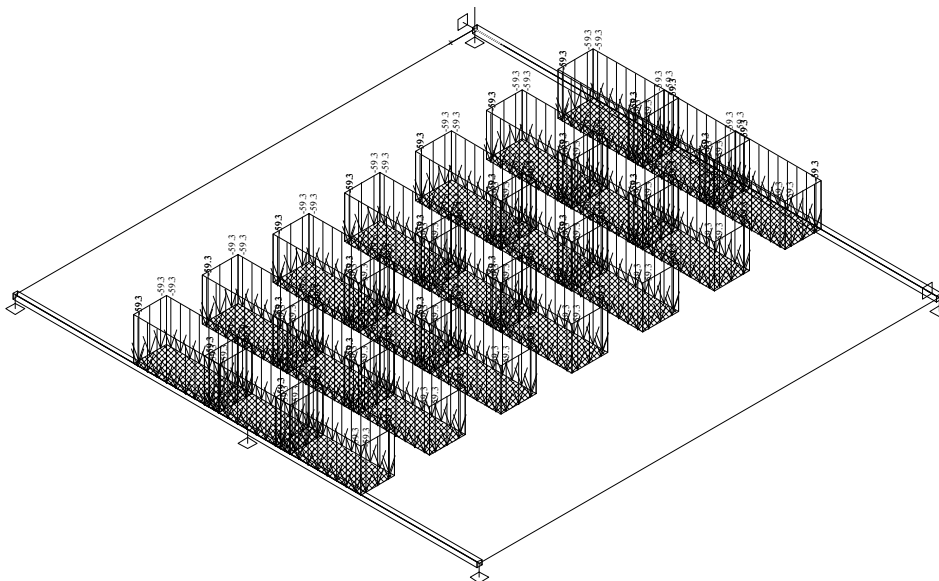
pozdĺžny smer:

dĺžka = 0,15 m

dĺžka s roznosom = 0,75 m

celková roznášacia plocha = 1,35 m²

$Q_k = 59,26 \text{ kN/m}^2$

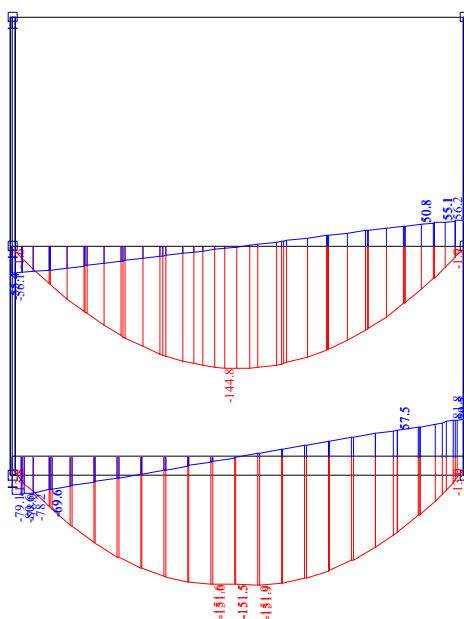


Obrázok P 2.10b Poloha výnimočného zaťaženia pre výpočet max. ohybového momentu a posúvajúcej sily

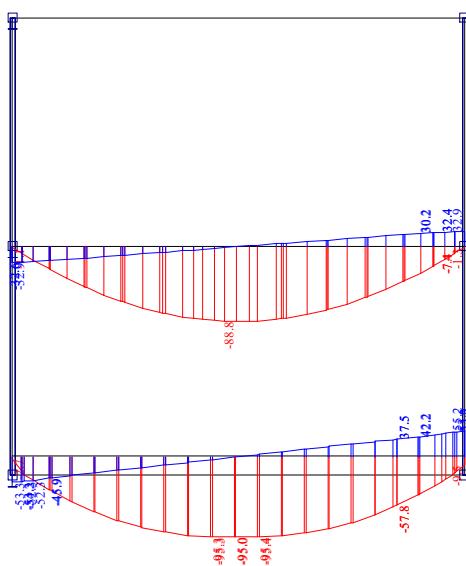
P 2.3.3 Výpočet vnútorných síl

Na nižšie uvedených obrázkoch sú vnútorné sily od zaťaženia **v charakteristických hodnotách bez dynamických účinkov**. Vykreslené sú v typických rezoch s najväčším namáhaním.

Poznámka.: červená farba = priebeh ohybových momentov
modrá farba = priebeh priečných síl



Obrázok P 2.11 Vnútorné sily od vlastnej tiaže dosky – M_{Gok} (kNm/m), V_{Gok} (kN/m)



Obrázok P 2.12 Vnútorne sily od ostatného stálego zaťaženia M_{Gk} (kNm/m), V_{Gk} (kN/m)

Prehľad vnútorných síl aj so súčiniteľmi spoľahlivosti γ_F a dynamickým súčiniteľom φ je uvedený v tabuľke P2.1 týchto.

Tabuľka P 2.1 Prehľad vnútorných síl

		M_{Ek} [kNm/m]	V_{Ek} [kN/m]	γ_F	M_{Ed} [kNm/m]	V_{Ed} [kN/m]	φ dyn. súč.
Stále zaťaženie:							
VI.tiaž	G_o	151,9	79,1	1,35	205,1	106,8	
Ostatné	G_s	95,0	53,3	1,35	128,3	72,0	
Premenné zaťaženie:							
LM1	E_{kn}	268,0	141,0	1,35	361,8	190,4	
900/150	E_{kr}	176,0	109,0	1,35	237,6	147,2	1,38
3000/240	E_{ke}	210,0	127,0	1,35	283,5	171,5	

P 2.3.4 Výpočet odolnosti prierezu

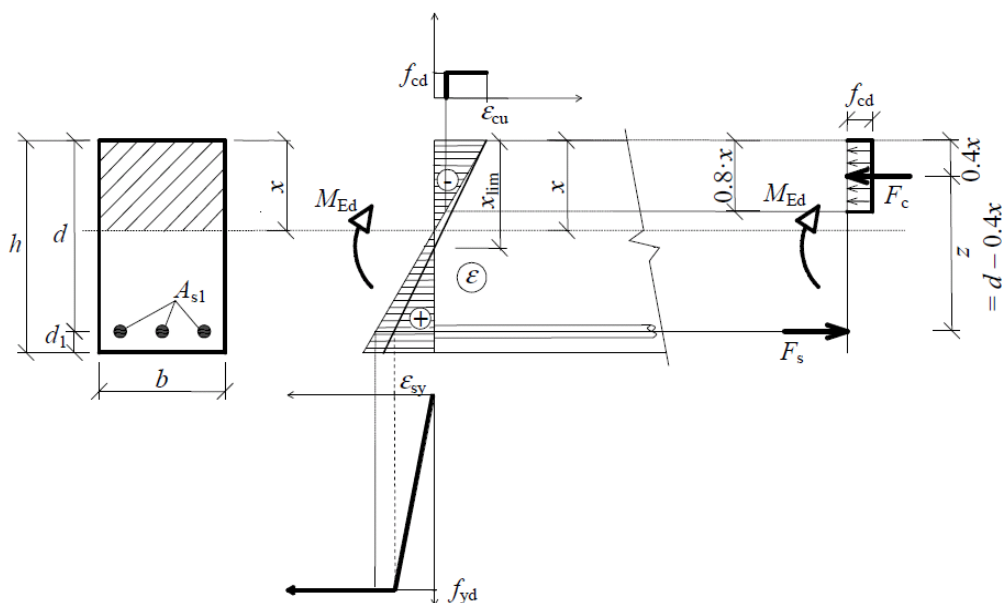
Výpočet odolnosti prierezu bol vykonaný v súlade s normami STN EN 1992-1-1 a národná príloha k tejto norme STN EN 1992-1-1/NA, STN EN 1992-2 a národná príloha k tejto norme STN EN 1992-2/NA. Vychádza sa z ohybovej a šmykovej odolnosti ŽB prierezu - doska.

Súčinitele spoľahlivosti pre betón a oceľ:

$$\gamma_c = 1,50$$

$$\gamma_s = 1,15$$

Ohybová odolnosť



Obrázok P2.15 Vnútorné sily a napätia pri namáhaní na ohyb

betón C 45/55

$f_{ck} = 45,00 \text{ MPa}$

$\gamma_C = 1,50$

$\alpha_{cc} = 0,85$

$f_{cd} = \alpha_{cc} * f_{ck} / \gamma_C = 25,50 \text{ MPa}$

$f_{ctm} = 3,80 \text{ MPa}$

prierez:

$h = 0,50 \text{ m}$

$b = 1,00 \text{ m}$

ocel 10 425 (V)

$f_{yk} = 410,00 \text{ MPa}$

$\gamma_S = 1,15$

$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_S = 356,52 \text{ MPa}$

$\phi = 0,022 \text{ m}$

1. rad výstuže = 14 ks / m

počet = 14 ks / m

$A_{s1 \text{ 1rad}} = 0,00532 \text{ m}^2$

$A_{s1} = 0,00532 \text{ m}^2$

krytie = 0,032 m

ťažisko výstuže $d_1 = 0,043 \text{ m}$

a) kontrola stupňa výstuženia:

$\rho_o = A_{s1} / b * d = 0,01165$

$\rho_{o, \min} = 0,0013$

vyhov.

$\rho_{o, \min} = 0,26 * f_{ctm} / f_{yk} = 0,0024$

vyhov.

$\rho_{o, \max} = 0,8 * x_{lim} * f_{cd} / d * f_{yd} = 0,0379$

vyhov.

$d = h - d_1 = 0,457 \text{ m}$

b) výpočet M_{Rd} :

predpoklad:

$\sigma_{s1} = f_{yd} = 356,52 \text{ MPa}$

$F_{s1, d} = A_{s1} * f_{yd} = 1897,36 \text{ kN}$

poloha neutrálnej osi x, z podm. $F_{cd} = F_{s1, d}$:

$0,8 * x = F_{s1} / (b * f_{cd}) = 0,074 \text{ m}$

c) kontrola duktility:

$x \leq x_{lim} = (700 * d) / (700 + f_{yd}) = 0,303 \text{ m}$ vyhov.

rameno vnútorných síl:

$z = d - 0,4 * x = 0,420 \text{ m}$

$M_{Rd} = F_{s1} * z = 796,51 \text{ kNm/m}$

Šmyková odolnosťa) namáhanie tlakovej diagonály:

Vstupné dáta:

$b = 1,000 \text{ m}$

$d = 0,457 \text{ m}$

$f_{ck} = 45,00 \text{ MPa}$

$f_{cd} = 25,50 \text{ MPa}$

$\theta = 45 \text{ deg} = 0,7854$

$v_1 = 0,60$ pre betón s $f_{ck} \leq 60 \text{ MPa}$

$a_{cw} = 1,0$

$z = 0,420 \text{ m}$

$V_{Rd, \max} = a_{cw} * b * z * v_1 * f_{cd} / (\tan(\theta) + \cot(\theta)) = 3211,4 \text{ kN}$ rozhoduje

$$V_{Rd,max} = a_{cw} * v_1 * f_{cd} = 15300,0 \text{ kN}$$

b) šmyková odolnosť betónu:

Vstupné dáta:

$$C_{Rd,c} = 0,18 / \gamma_C = 0,12$$

$$k = 1 + \sqrt{(200 / d)} = 1,66 \leq 2,0, \dots \text{ teda } k = 1,66$$

$$k_1 = 0,15$$

$$A_s = 0,005322 \text{ m}^2$$

$$A_{s,l} = A_s$$

$$\rho_{o,l} = A_{s,l} / b * d = 0,011645 < 0,02,$$

$$v_{min} = 0,035 * k^{(3/2)} * \sqrt{f_{ck}} = 0,503 \text{ MPa}$$

$$V_{Rd,c} = [C_{Rd,c} * k * (100 * \rho_{o,l} * f_{ck})^{1/3} + k_1 * 0,0] * b * d = 341,0 \text{ kN}$$

$$V_{Rd,c,min} = (v_{min} + k_1 * 0,0) * b * d = 229,8 \text{ kN}$$

$$V_{Rd} = \min(V_{Rd,max}, V_{Rd,c}) = 341,0 \text{ kN}$$

P 2.3.5 Stanovenie zaťažiteľnosti

Výsledná zaťažiteľnosť bola stanovená ako najnižšia zaťažiteľnosť vypočítaná pre ohybovú a šmykovú odolnosť prierezu. Zaťažiteľnosť bola po dohode so správcom stanovená pre súbor B (STR/GEO) pre konzervatívny prístup (rovnica 6.10 podľa STN EN 1990).

P 2.3.5.1 Zaťažiteľnosť stanovená z ohybovej odolnosti

Normálna zaťažiteľnosť:

$$W_{n,rep} = 320 \text{ kN}$$

$$F_z = (M_{Rd} - (M_{Gok,d} + M_{Gk,d})) / M_{EdWn} = 1,28$$

$$W_n = F_z * W_{n,rep} = 410 \text{ kN} \quad V_n = 41 \text{ t}$$

Výhradná zaťažiteľnosť:

$$W_{r,rep} = 900 \text{ kN}$$

$$W_{r1} = W_{r,rep} / \varphi = 651,89 \text{ kN}$$

$$K_{z,r} = (M_{Rd} - (M_{Gok,d} + M_{Gk,d})) / M_{Ed,W_r} = 1,95$$

$$W_r = K_{z,r} * W_{r1} = 1271 \text{ kN} \quad V_r = 127 \text{ t}$$

Výnimočná zaťažiteľnosť:

$$W_{e,rep} = 3000 \text{ kN}$$

$$W_{e1} = W_{e,rep} = 3000,00 \text{ kN}$$

$$K_{z,e} = (M_{Rd} - (M_{Gok,d} + M_{Gk,d})) / M_{Ed,W_e} = 1,63$$

$$W_e = K_{z,e} * W_{e1} = 4901 \text{ kN} \quad V_e = 490,1 \text{ t}$$

P 2.3.5.2 Zaťažiteľnosť stanovená zo šmykovej odolnosti:

Normálna zaťažiteľnosť:

$$W_{n,rep} = 320 \text{ kN}$$

$$F_z = (V_{Rd} - (V_{Gok,d} + V_{Gk,d})) / V_{EdWn} = 0,85$$

$$W_n = F_z * W_{n,rep} = 273 \text{ kN} \quad V_n = 27 \text{ t}$$

Výhradná zaťažiteľnosť:

$$W_{r,rep} = 900 \text{ kN}$$

$$W_{r1} = W_{r,rep} / \varphi = 651,89 \text{ kN}$$

$$K_{z,r} = (V_{Rd} - (V_{Gok,d} + V_{Gk,d})) / V_{Ed,W_r} = 1,10$$

$$W_r = K_{z,r} * W_{r1} = 719 \text{ kN} \quad \mathbf{V_r = 72 \text{ t}}$$

Výnimočná zaťažiteľnosť:

$$W_{e,rep} = 3000 \text{ kN}$$

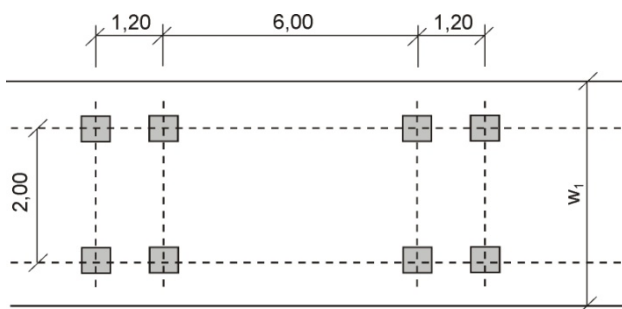
$$W_{e1} = W_{e,rep} = 3000,00 \text{ kN}$$

$$K_{z,e} = (V_{Rd} - (V_{Gok,d} + V_{Gk,d})) / V_{Ed,W_e} = 1,63$$

$$W_e = K_{z,e} * W_{e1} = 283,9 \text{ kN} \quad \mathbf{V_e = 284 \text{ t}}$$

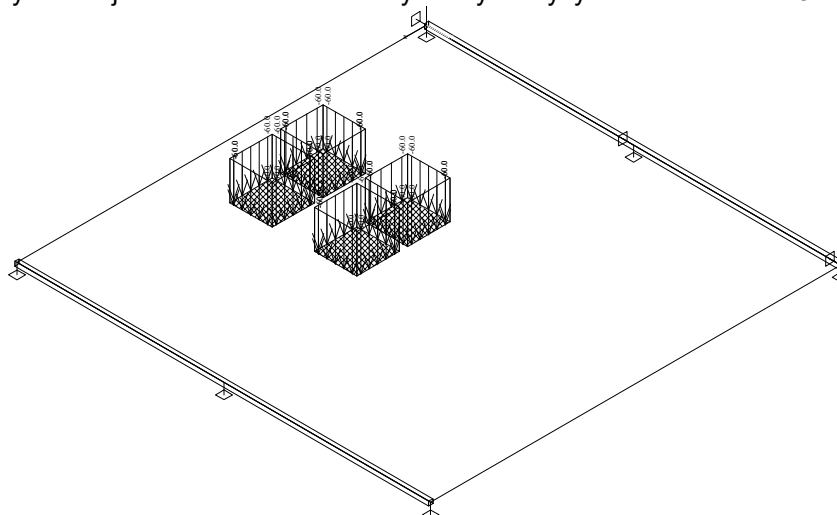
P 2.3.5.3 Posúdenie na únavu

V súlade s STN EN 1991-2 je použitý únavový zaťažovací model 3 (FLM3). Ide o 4-nápravové vozidlo s kontaktnou plochou kolesa (0,40 x 0,40) m (obrázok P 2.16). Tento model je možné použiť na priamy výpočet zjednodušenými metódami, napr. metódou ekvivalentného rozkmitu napätí, $V_{fat} = 4 \times 120 \text{ kN}$.

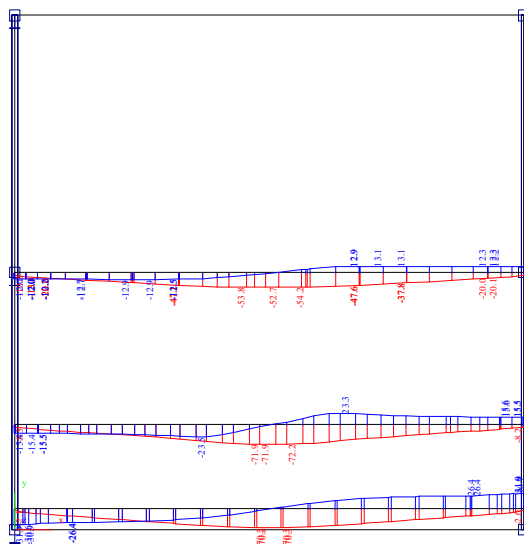
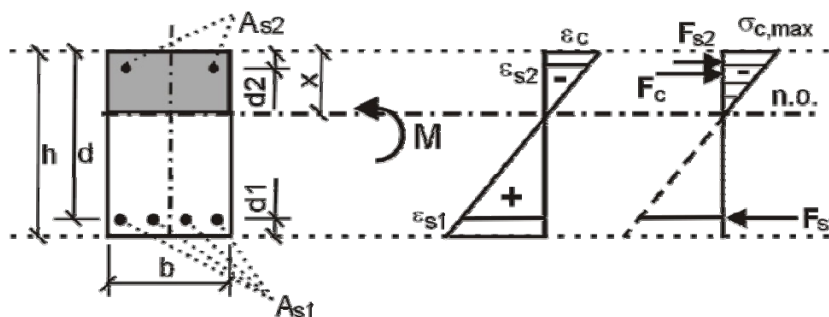


Obrázok P 2.16 Únavový zaťažovací model FLM3

Výpočtový model je na obrázku P 2.17 a výsledky analýzy na obrázku P 2.18



Obrázok P 2.17 Únavové zaťaženie FLM3

Obrázok P 2.18 Vypočítané hodnoty M_{Ek} a V_{Ek} **Posúdenie prierezu na únavu**

Obrázok P 2.19 Schéma vnútorných síl pri posúdení na únavu

Vnútorné sily pre posúdenie na únavu

Vypočítané ohybové momenty sú v tabuľke P 2.2.

Tabuľka P 2.2 Ohybové momenty

	Ozn.	M_{Ek} [kNm/m]
Stále zaťaženie		
VI.tiaž	G_o	151,9
Ostatné	G_s	95,0
Premenné zaťaženie		
FLM3	Q_i	67,5

$M_{Ek} = 314,4$ kNm/m

Posúdenie výstuže

Kontroluje sa podmienka P 2.1

$$\gamma_{F,fat} \cdot \Delta\sigma_{S,eq}(N^*) \leq \frac{\Delta\sigma_{Rsk}(N^*)}{\gamma_{s,fat}}$$

P 2.1

$$\gamma_{F,fat} = 1,00$$

$$\Delta\sigma_{S,eq}(N^*) = 1,40 * \lambda_s * \Delta\sigma_{S,FLM3}$$

$$\lambda_{s1} = 1,20$$

$$k_2 = 9$$

Q = 0,50 x 10⁶ ... roč. objem dopravy

$$\lambda_{s2} = 0,86$$

$$\lambda_s = 1,03$$

kontrola možného vzniku trhlinyplný prierez:

$$A_i = 0,5296 \text{ m}^2$$

$$y_{ti} = 0,248 \text{ m}$$

$$I_i = 0,011657 \text{ m}^4$$

$$\sigma_{ct,max} = M_{EK} / I_i * y_{ti} = 6,68 \text{ MPa} > f_{ctm} = 3,80 \quad \text{vzniká trhlina}$$

- oslabený prierez:

$$x_{1,2} = (-\alpha_e * A_s \pm \sqrt{(\alpha_e * A_s)^2 - 4 * (b/2) * (-\alpha_e * A_s * d)}) / 2 * (b/2)$$

$$x_1 = 0,137 \text{ m}$$

$$x_2 = -0,197 \text{ m (záporne číslo)}$$

$$I_{ir} = (1/3) * b * x + \alpha_e * A_s * (d - x)^2 = 0,003885 \text{ m}^4$$

$$\Delta\sigma_{S,FLM3} = \alpha_e * (M_{FLM3} / I_{ir}) * (d - x) = 30,8 \text{ MPa}$$

$$\Delta\sigma_{S,eq}(N^*) = 1,40 * \lambda_s * \Delta\sigma_{S,LM3} = 44,4 \text{ MPa}$$

Kontrola limitného napätia v betonárskej výstuži

$$\Delta\sigma_{Rsk}(N^*) = 162,2 \text{ MPa}$$

$$\gamma_{s,fat} = 1,15$$

$$\Delta\sigma_{Rsk}(N^*) = 141,04 \text{ MPa}$$

Dosadením do podmienky P 2.1) dostávame

$$44,4 \text{ MPa} < 122,6 \text{ MPa} \dots \text{vyhovuje}$$

Posúdenie betónu

Posudzuje sa splnenie podmienky P 2.2

$$\frac{\sigma_{c,max}}{f_{cd,fat}} \leq 0,5 + 0,45 \frac{\sigma_{c,min}}{f_{cd,fat}} \leq 0,9 \text{ pre } f_{ck} \leq 50 \text{ MPa}$$

P 2.2

Kde platí

$$f_{cd,fat} = k_1 \beta_{cc} (t_0) f_{cd} \left(1 - \frac{f_{ck}}{250} \right)$$

$$\beta_{cc} = 1,231$$

$$k_1 = 0,85$$

$$f_{cd,fat} = 21,89 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,max} = (M_{Ek} / I_{ir}) * x = 11,13 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c,min} = ((M_{Go} + M_{Gs}) / I_{ir}) * x = 8,74 \text{ MPa}$$

Podmienka P2)

$$0,51 \leq 0,50 + 0,45 * (\sigma_{c,min} / f_{cd,fat}) = 0,68 \leq 0,90 \text{ vyhovuje}$$

Posúdenie na únavu pri výpočte zaťažiteľnosti nerozhoduje.**P 2.4 Záver**

Pre stanovenie zaťažiteľnosti posudzovaného mosta je rozhodujúca šmyková odolnosť železobetónového prierezu. Výsledky sú v tabuľke P 2.3.

Tabuľka P 2.3 Prehľad zaťažiteľnosti

Zaťažiteľnosť	Označenie	Hodnota
Faktor normálnej zaťažiteľnosti	F _z	0,85
Normálna zaťažiteľnosť	V _n	27 t
Výhradná zaťažiteľnosť	V _r	72 t
Výnimočná zaťažiteľnosť	V _e	284 t