

MP

Návrh ukončení kusých kolejí

Účinnost ode dne zveřejnění

Schváleno pod čj. 3632/2019-SZDC-GŘ-O13
dne 5.2.2019

Bc. Jiří Svoboda, MBA
generální ředitel

MP č. j. 3632/2019-SŽDC-GŘ-O13
Návrh ukončení kusých kolejí

Gestorský útvar: Správa železniční dopravní cesty, státní organizace
Generální ředitelství
Odbor traťového hospodářství
Dlážděná 1003/7, 110 00 Praha 1
www.szdc.cz

Rok vydání: 2019

Náklad: vydáno pouze v elektronické podobě

© Správa železniční dopravní cesty, státní organizace, rok 2019
Tento dokument je duševním vlastnictvím státní organizace Správa železniční dopravní cesty, na které se vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů. Státní organizace Správa železniční dopravní cesty je v uvedené souvislosti rovněž vykonavatelem majetkových práv. Tento dokument smí fyzická osoba použít pouze pro svou osobní potřebu, právnická osoba pro svou vlastní vnitřní potřebu. Poskytování tohoto dokumentu nebo jeho části v jakékoliv formě nebo jakýmkoliv způsobem třetí osobě je bez svolení státní organizace Správa železniční dopravní cesty zakázáno.

ZÁZNAMY O OPRAVÁCH A ZMĚNÁCH

Držitel listinné podoby tohoto dokumentu je odpovědný za včasné a správné zapracování účinných oprav a změn a za provedení příslušného záznamu.

Oprava/změna a její pořadové číslo	Číslo jednací	Účinnost od	Opravu/změnu zapracoval

OBSAH

ZÁZNAMY O OPRAVÁCH A ZMĚNÁCH	3
OBSAH	4
ZKRATKY A ZNAČKY	5
1 ÚVODNÍ USTANOVENÍ.....	6
2 VYMEZENÍ POJMŮ	6
3 NÁVRH ZARÁŽEDLA	7
3.1 OBEČNĚ	7
3.2 KINETICKÁ ENERGIE VOZIDLA	8
3.3 VÝKONOVÉ PARAMETRY POHYBLIVÉHO ZARÁŽEDLA	9
3.3.1 <i>Koeficient bezpečnosti</i>	9
3.3.2 <i>Brzdná síla</i>	9
3.3.3 <i>Brzdná práce</i>	10
3.3.4 <i>Brzdné zpomalení</i>	11
4 DRUHY, TYPY A POUŽITÍ ZARÁŽEDEL	11
4.1 PEVNÁ ZARÁŽEDLA S MECHANICKÝMI NÁRAZNÍKY	11
4.2 PEVNÁ ZARÁŽEDLA S HYDRAULICKÝMI NÁRAZNÍKY	12
4.3 ZEMNÍ ZARÁŽEDLA	12
4.4 POHYBLIVÁ ZARÁŽEDLA	12
5 ZÁCHYTNÁ ZEĎ.....	14
6 POŽADAVKY NA PRACOVNÍ OBLAST POHYBLIVÉHO ZARÁŽEDLA	15
6.1 PROSTOROVÉ USPOŘÁDÁNÍ.....	16
6.2 DÉLKA KOLEJOVÉHO ROŠTU PRO OSAZENÍ ZARÁŽEDLA	16
6.3 SMĚROVÉ POMĚRY	16
6.4 SKLONOVÉ POMĚRY.....	16
6.5 ŽELEZNIČNÍ SVRŠEK.....	16
7 DALŠÍ USTANOVENÍ.....	17
7.1 IDENTIFIKAČNÍ ŠTÍTEK.....	17
7.2 MOŽNÉ POSUNUTÍ ZARÁŽEDEL PŘI NÁRAZU VOZIDLA	17
7.2.1 <i>Posunutí pevného zarážedla</i>	17
7.2.2 <i>Přípustné posunutí pohyblivého zarážedla</i>	17
7.2.3 <i>Označení polohy pohyblivého zarážedla</i>	17
7.3 NÁVĚŠTIDLA	18
8 ZÁVĚREČNÁ USTANOVENÍ	18
CITOVANÉ DOKUMENTY	19
SOUVISEJÍCÍ DOKUMENTY	19
PŘÍLOHA A OBEČNÝ POSTUP NÁVRHU DRUHU ZARÁŽEDLA	21
PŘÍLOHA B ZHODNOCENÍ RIZIK MOŽNÉHO OHROŽENÍ V OKOLÍ UKONČENÍ KUSÉ KOLEJE	22
PŘÍLOHA C PŘÍKLAD VÝPOČTU VELIKOSTI BRZDNÉ PRÁCE A BRZDNÉHO ZPOMALENÍ	25
PŘÍLOHA D TYPOVÉ ŘEŠENÍ KONSTRUKCE ZÁCHYTNÉ ZDI.....	33

ZKRATKY A ZNAČKY

Níže uvedený seznam obsahuje zkratky a symboly použité v tomto dokumentu. V seznamu se neuvádějí legislativní zkratky, zkratky a značky obecně známé, zavedené právními předpisy, uvedené v obrázcích, příkladech nebo tabulkách.

a_{max}	.....	maximální brzdné zpomalení [$m \cdot s^{-2}$]
E_{kin}	.....	kinetická energie [kJ]
F_B	.....	brzdná síla [kN]
$F_{B,max}$	.....	největší brzdná síla po délce brzdné dráhy [kN]
$F_{B,i,j}$	.....	brzdná síla jednoho brzdného prvku v i -té skupině brzdných prvků v j -tém dílčím úseku brzdné dráhy [kN]
i	.....	číslo skupiny brzdných prvků [-]
j	.....	číslo úseku brzdné dráhy [-]
k	.....	koeficient bezpečnosti [-]
$l_{i,j}$	.....	délka j -tého dílčího úseku brzdné dráhy i -té skupiny brzdných prvků [m]
m	.....	hmotnost [t]
n_i	.....	počet brzdných prvků v i -té skupině brzdných prvků [-]
s	.....	počet skupin brzdných prvků [-]
V	.....	rychlost [$km \cdot h^{-1}$]
v	.....	rychlost [$m \cdot s^{-1}$]
W	.....	brzdná práce [kJ]
W_i	.....	brzdná práce i -té skupiny brzdných prvků [kJ]
TPD	.....	technické podmínky dodací
OTP	.....	obecné technické podmínky
TKP	.....	technické kvalitativní podmínky

1 ÚVODNÍ USTANOVENÍ

Tento metodický pokyn je vydáván pro stanovení jednotného postupu návrhu ukončení kusých kolejí.

Tento metodický pokyn se vztahuje na všechna nově navrhovaná a rekonstruovaná ukončení kusých kolejí pro železniční dráhy normálního rozchodu ve vlastnictví České republiky, se kterými má právo hospodaření Správa železniční dopravní cesty, státní organizace a další železniční dráhy provozované Správou železniční dopravní cesty, státní organizací.

Následující požadavky na ukončení kusých kolejí se nevztahují na stávající konstrukce, které byly zřízeny podle předpisů a norem platných v době jejich instalace.

Návrh ukončení kusé koleje podle tohoto metodického pokynu včetně zhodnocení rizik je zpravidla součástí zpracování příslušné dokumentace pro přípravu a realizaci stavby.

Ukončení kuse koleje se řeší zarážedlem. Návrh zarážedla je popsán v kapitole 3. Druhy, typy a použití zarážedel je popsáno v kapitole 4. V případě ochrany strategicky důležitých objektů nebo zabránění významného ohrožení zdraví a životů veřejnosti se navrhuje záchytná zeď dle kapitoly 5.

2 VYMEZENÍ POJMŮ

- **Kusá kolej**
je kolej, na kterou je umožněn vjezd jen z jednoho směru a na konci je ukončena zarážedlem.
- **Odvratná kolej**
je kolej zabraňující nežádoucímu vjetí vozidel do vlakové, popřípadě posunové cesty. Odvratná kolej může být i kusá.
- **Zarážedlo**
je zařízení budované na konci kusých kolejí zabraňující kolejovým vozidlům v další jízdě do prostoru za ním v případě, že vozidla nepřekročí přípustnou hmotnost a narážecí rychlost.
- **Pevné zarážedlo**
je tuhá konstrukce s hlavními konstrukčními částmi z oceli nebo z betonu, která je pevně spojená s konstrukcí železničního svršku nebo spodku. Pevná zarážedla nejsou určena pro podélné posunutí po kolejovém roštu. Brzdící účinek pevných zarážedel se uplatní jen na vzdálenosti určené deformací nárazníků zarážedla nebo podobného narážecího ústrojí.
- **Zemní zarážedlo**
je zarážedlo tvořené zemní hrázkou a pískovou zasypávkou kolejového roštu před zemní hrázkou.
- **Kolejnicové zarážedlo**
je zarážedlo vytvořené z kolejnic a nárazníkového trámce s nárazníky.
- **Betonové zarážedlo**
je zarážedlo vytvořené ze základu a zídky z vyztuženého betonu a opatřené nárazníky.
- **Písková kolej**
jsou žlaby z dřevěných trámů nebo pražců umístěné podél obou kolejnicových pásů a vyplněné pískem nad temena kolejnic. Tvoří doplněk zemních nebo pevných zarážedel v případech, kdy není možno zajistit dodržení přípustné hodnoty narážecí rychlosti vozidel.
- **Pohyblivé zarážedlo**
je zarážedlo ocelové konstrukce vybavené nárazníky, které pohlcuje energii třením prostřednictvím brzdných prvků. Jiná označení pro pohyblivá zarážedla používaná v literatuře jsou třecí, brzdná nebo dynamická zarážedla.

- **Brzdný prvek**
je prvek upevněný na hlavě kolejnice, přes který jsou přenášeny nárazové síly z pohyblivého zarážedla do pojížděných kolejnic nebo přidavných kolejnic. Brzdění zarážedla je realizováno třením mezi brzdnými prvky a kolejnicemi.
- **Dočasné zarážedlo**
je pevné nebo pohyblivé zarážedlo, které slouží k dočasnému ukončení koleje, například při výlukách části koleje z důvodu opravy, rekonstrukce nebo z důvodů provozních.
- **Brzdná dráha zarážedla**
je úsek kolejového roštu za konstrukcí pohyblivého zarážedla, na kterém dochází působením třecích sil mezi brzdnými prvky zarážedla a kolejnicemi ke zpomalení vozidla po nárazu.
- **Pracovní oblast zarážedla**
je prostor nutný pro činnost zarážedla, který je vymezen vzdáleností od čel nárazníků pohyblivého zarážedla po konec brzdné dráhy zarážedla.
- **Záchytná zeď**
je konstrukce, která se umísťuje za brzdnou dráhu pohyblivého zarážedla. Záchytná zeď se umísťuje pro ochranu osob, staveb, komunikací a jiných zařízení, které se nacházejí v oblasti za zarážedlem a jsou ohroženy v případě vykolejení vozidla po destrukci zarážedla.
- **Vozidlo**
pro potřeby tohoto metodického pokynu se za vozidlo považují železniční hnací vozidla s vozy, samostatná hnací vozidla, jednotky nebo speciální vozidla.

3 NÁVRH ZARÁŽEDLA

3.1 Obecně

Způsob ukončení kusých kolejí se stanovuje na základě hodnocení rizik.

Pevné nebo zemní zarážedlo lze navrhnout v případě, že míra rizika vyplývající ze zhodnocení rizik je zanedbatelná nebo nízká. V případě střední nebo vysoké míry rizika se navrhnou zarážedlo pohyblivé. Kritická míra rizika je nepřijatelná. V takovém případě je nutné zavést další opatření, kterými se míra rizika sníží.

Pokud nelze v případě střední nebo vysoké míry rizika navrhnout z důvodu stísněných poměrů pohyblivé zarážedlo, je možné navrhnout pevné zarážedlo za podmínek stanovených SŽDC O13.

Zhodnocení rizik se neprovádí pro účelová kolejiště provozovatele dráhy v uzavřených areálech a pro odvrtné koleje. V těchto případech lze navrhnout jakýkoliv typ ukončení kusé koleje se zohledněním místních podmínek. Ve zvláštních případech může být na základě požadavku SŽDC O13 posouzení rizik požadováno i v těchto případech.

U odvrtných kolejí v pokračování vlakové cesty s traťovou částí ETCS se navrhnou pohyblivé zarážedlo, pokud je vzdálenost mezi koncem oprávnění k jízdě a zarážedlem kratší než požadovaná pro konkrétní situaci (tj. v závislosti na uvolňovací rychlosti, sklonových poměrech, skladbě dopravy apod.).

Proces návrhu druhu zarážedla je schematicky uveden v Příloze A. Zhodnocení rizik je uvedeno v Příloze B.

Pro ukončení kusé koleje je možné navrhnout následující druhy zarážedel:

- a) pevné zarážedlo s mechanickými nárazníky,
- b) pevné zarážedlo s hydraulickými nárazníky,
- c) zemní zarážedlo,
- d) pohyblivé zarážedlo s mechanickými nárazníky,
- e) pohyblivé zarážedlo s hydraulickými nárazníky.

Příklady schválených typů pevných zarážedel, viz Vzorový list železničního spodku Ž9:

- a) kolejnicové zarážedlo,
- b) betonové zarážedlo typu SUDOP,
- c) betonové zarážedlo typu DSB.

Dle účelu použití se zarážedla dělí na:

- a) trvalá,
- b) dočasná.

Pro volbu typu zarážedla jsou rozhodující zhodnocení rizik (příloha B) a další faktory:

- a) požadovaná brzdňá práce a přípustná zpomalení,
- b) prostorové možnosti,
- c) stavební a provozní náklady.

Ukončení kusé koleje se navrhuje na základě tohoto metodického pokynu. Navržený způsob ukončení kusé koleje odsouhlasuje SŽDC O13.

3.2 Kinetická energie vozidla

Kinetická energie vozidla závisí na jeho rychlosti a hmotnosti podle vztahu:

$$E_{kin} = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 = m \cdot \left(\frac{V}{5,09}\right)^2 \quad (1)$$

E_{kin} kinetická energie [kJ]

m hmotnost [t]

v rychlost [m.s⁻¹]

V rychlost [km.h⁻¹]

Pro výpočet maximální kinetické energie se uvažuje hmotnost nejtěžšího vozidla, které do kusé koleje pravidelně zajíždí nebo ve výhledovém stavu bude zajíždět. Druh vozidla a jeho hmotnost se stanoví s ohledem na užitečnou délku příslušné koleje nebo délku příslušné nástupní hrany. Dle charakteru provozu na kusé koleji je nutné při stanovení hmotnosti uvažovat s obsazením vozidla cestujícími nebo s naloženým nákladem.

V případě, že se posuzuje nejlehčí vozidlo osobní dopravy v pravidelném provozu z hlediska brzdňého zpomalení, uvažuje se jeho hmotnost při poloviční obsazenosti.

Ve výpočtu jsou zanedbány energie rotujících hmot.

Rychlost ve výpočtu kinetické energie vozidla se uvažuje následovně:

- 10 km.h⁻¹ pro nákladní vlaky a posun
- 15 km.h⁻¹ pro vlaky osobní dopravy

Rychlost vstupující do výpočtu kinetické energie vozidla, která určuje požadovanou brzdňou práci zarážedla, je stanovena s přihlédnutím na rychlost v kusých kolejích a hospodárnost návrhu ukončení kusé koleje. V případě, že vozidlo narazí do zarážedla vyšší rychlostí, pohltí zarážedlo část jeho kinetické energie, čímž sníží riziko ohrožení osob, staveb a zařízení v okolí ukončení kusé koleje a zmírní škody na vozidlech.

Ve vazbě na navrhované parametry vlakového zabezpečovacího zařízení nebo konkrétní dispoziční řešení stanice je možné po odsouhlasení SŽDC O13 stanovit odlišné rychlosti.

Pevná zarážedla s mechanickými nárazníky a zemní zarážedla se na kinetickou energii neposuzují.

Rychlost pro návrh pohyblivého zarážedla v odvrtné koleji se určuje individuálně pro konkrétní situaci s ohledem na vzdálenost mezi koncem oprávnění k jízdě a zarážedlem podle parametrů vlakového zabezpečovacího zařízení.

3.3 Výkonové parametry pohyblivého zarážedla

Pohyblivé zarážedlo musí být schopno absorbovat působící maximální kinetickou energii, jejíž velikost je závislá na rychlosti a hmotnosti vozidla při nárazu. Maximální brzdná práce pohyblivého zarážedla musí být větší než kinetická energie vozidla zvětšená koeficientem bezpečnosti:

$$W \geq k \cdot E_{kin} \quad (2)$$

Wbrzdná práce [kJ]

E_{kin} kinetická energie [kJ]

k koeficient bezpečnosti [-]

3.3.1 Koeficient bezpečnosti

Koeficient bezpečnosti k zvyšuje požadovanou brzdnou práci pohyblivých zarážedel. Koeficient k pro výpočet brzdné práce podle kapitoly 3.3 vztahu (2) zohledňuje pravděpodobnost výskytu nežádoucí události (projetí zarážedla), závažnost následků po projetí konce kusé koleje, pravděpodobnost vzniku nežádoucí události (možnost zavedení opatření eliminující příčiny projetí zarážedla) a také nejistotu hodnot dalších vstupních parametrů. Hodnoty koeficientu bezpečnosti jsou uvedeny v Tabulce 1.

Tabulka 1 - Hodnoty koeficientu bezpečnosti

k	Popis charakteristiky provozu nebo okolí kusé koleje
1,2	pro nákladní vlaky a posun
1,5	pro všechny vlaky a posun, pokud se v blízkosti zarážedla (vedle něho nebo za ním) nachází zařízení nebo stavby, které je potřeba ochránit
1,8	pro všechny vlaky a posun, pokud se v blízkosti zarážedla (vedle něho nebo za ním) vyskytují důležité plochy, např. nástupiště nebo příchod na něj, provozně významné budovy nebo obytné domy
2,0	v případě, že je potřeba zabránit případnému pádu vozu nebo vlaku z výšky nebo nárazu vlaku na pevnou překážku, např. do skalního svahu, opěrné nebo zárubní zdi, pilíře apod.

3.3.2 Brzdná síla

Brzdná síla působí proti pohybu vozidla. Její velikost je závislá na konstrukci a uspořádání pohyblivého zarážedla.

Z hlediska bezpečnosti cestujících je doporučeno u pohyblivých zarážedel navrhovat delší brzdné dráhy. Návrh delší brzdné dráhy snižuje působící brzdné síly a tím i velikost zpomalení působící na vozidlo (osoby, náklad) při nárazu. Velké délky brzdné dráhy však nejsou efektivní z pohledu účinku brzdných prvků, které vlivem tření po dráze ztrácejí svoji účinnost (viz Tabulka 2).

Tabulka 2 - Brzdná síla jednoho brzdného prvku v závislosti na délce brzdné dráhy

délka brzdné dráhy	F_B [kN]
0 – 5 m	40
5 – 8 m	36
8 – 12 m	32
12 – 20 m ¹	28

3.3.3 Brzdná práce

Velikost brzdné práce n brzdných prvků při konstantní brzdné síle F_B na délce brzdné dráhy l_w se určí dle vztahu:

$$W = n \cdot F_B \cdot l_w \quad (3)$$

Při brzdné dráze delší než 5 m, se brzdná dráha zarážedla rozdělí na dílčí úseky podle Tabulky 2 pro každou skupinu brzdných prvků. Určí se délky jednotlivých dílčích úseků a brzdné síly pro jednotlivé brzdné prvky v každém úseku. Brzdná práce i -té skupiny brzdných prvků se stejnou brzdou silou se určí dle vztahu:

$$W_i = n_i \cdot \sum_{j=1}^n F_{Bi,j} \cdot l_{i,j} \quad (4)$$

- W_i brzdná práce i -té skupiny brzdných prvků [kJ]
 n_i počet brzdných prvků v i -té skupině brzdných prvků [-]
 $F_{Bi,j}$ brzdná síla jednoho brzdného prvku v i -té skupině brzdných prvků v j -tém dílčím úseku brzdné dráhy dle Tabulky 2 [kN]
 $l_{i,j}$ délka j -tého dílčího úseku brzdné dráhy i -té skupiny brzdných prvků [m]
 i číslo skupiny brzdných prvků [-]
 j číslo úseku brzdné dráhy [-]

Ve výpočtu je zanedbáno pohlcení energie stlačením nárazníků vozidla, deformacemi nákladu a vozové skříně.

Celková brzdná práce zarážedla se stanoví jako součet brzdných prací v jednotlivých skupinách:

$$W = \sum_{i=1}^s W_i \quad (5)$$

kde s je počet skupin brzdných prvků.

Z důvodu hospodárnosti návrhu pohyblivého zarážedla by počáteční brzdná síla neměla být menší než 160 kN.

Příklad výpočtu brzdné práce pohyblivého zarážedla je v Příloze C.

¹ Použití větší délky brzdné dráhy než 20 m vyžaduje souhlas SŽDC O13.

3.3.4 Brzdné zpomalení

Velikosti maximální brzdné síly odpovídá maximální brzdné zpomalení působící na dané vozidlo:

$$a_{max} = \frac{F_{B,max}}{m} \quad (6)$$

a_{max} maximální brzdné zpomalení [m.s⁻²]

$F_{B,max}$ největší brzdná síla po délce brzdné dráhy [kN]

m hmotnost vozidla [t]

Hodnota maximálního zpomalení při nárazu² se posoudí pro vozidla osobní dopravy s cestujícími definovaná v kapitole 3.2, která pravidelně zajíždí na kusou kolej. Doporučená hodnota zpomalení pro vozidlo osobní dopravy, je 1,0 m.s⁻², maximální hodnota je 2,5 m.s⁻². Při návrhu zarážedla je potřeba přihlížet ke zpomalení působící na cestující ve vozidle osobní dopravy a minimalizovat je. Rozhodující pro návrh je posoudit brzdné zpomalení pro nejtěžší a nejlehčí vozidlo osobní dopravy, které do kusé koleje pravidelně zajíždí nebo ve výhledovém stavu budou zajíždět. Dle charakteru provozu na kusé koleji je potřeba posoudit brzdné zpomalení působící i na další vozidla osobní dopravy v pravidelném provozu.

Překročení maximální hodnoty zpomalení vyžaduje souhlas SŽDC O13.

Velikost zpomalení se nesleduje u pevných a zemních zarážedel.

Velikost zpomalení se nesleduje u vozidel nákladní dopravy a u posunu.

Příklad výpočtu brzdného zpomalení pohyblivého zarážedla je v Příloze C.

4 DRUHY, TYPY A POUŽITÍ ZARÁŽEDEL

4.1 Pevná zarážedla s mechanickými nárazníky

Pevná zarážedla s mechanickým nárazníky vyvolávají prostřednictvím své tuhé nepohyblivé konstrukce náhlé zpomalení vozidla, což zhoršuje dopad na cestující při nárazu a způsobuje větší škody na vozidle, nákladu i samotném zarážedlu. Tato zarážedla mají poměrně malou účinnost.

Z tohoto důvodu by měla být pevná zarážedla s mechanickými nárazníky osazována pouze v případech zanedbatelné nebo nízké míry rizika. Možnosti použití pevných zarážedel definuje kapitola 3.1.

Mezi tato zarážedla patří kolejnicové zarážedlo, betonové zarážedlo typ SUDOP a typ DSB. Tato zarážedla definuje Vzorový list železničního spodku Ž9 Zarážedla.

Z těchto typů zarážedel se zvolí vhodné zarážedlo pro konkrétní případ podle těchto hledisek:

- požadovaná odolnost zarážedla při najetí vozidel,
- šířka zarážedla a vzdálenost od sousední koleje,
- délka zarážedla a užitečná délka kusé koleje,
- pracnost při stavbě a údržbě zarážedla,
- stavební náklady.

² Metodika neřeší dopad na cestující ve vlaku

4.2 Pevná zarážedla s hydraulickými nárazníky

Pevná zarážedla s hydraulickými nárazníky absorbují kinetickou energii postupně a vozidlo je zastaveno plynuleji než u pevného zarážedla s mechanickými nárazníky.

Konstrukce zarážedla se skládá z pevné části a hydraulického systému s hydraulickými tlumiči na výsuvných ramenech. Parametry hydraulického systému jsou omezujícím prvkem pro použití zarážedla a limitují velikost působící kinetické energie. Vzhledem ke krátkým účinným délkám zatlačení nárazníků vede použití těchto zarážedel k velkým brzdným zpomalením.

Pro návrh a posouzení parametrů pevného zarážedla s hydraulickými nárazníky se použijí analogicky postupy popsané v kapitole 3 pro pohyblivé zarážedlo.

Použití těchto zarážedel podléhá souhlasu SŽDC O13.

4.3 Zemní zarážedla

Zemní zarážedlo lze zřídit na všech kusých kolejích kromě kolejí v halách. Jeho účinnost lze zvýšit prodloužením koleje s pískovou zasypávkou a také prodloužením zemní hrázky tam, kde to prostorové poměry dovolují. Výhodou zemního zarážedla je, že vozidla jsou brzděna postupně hrnutím písku a zeminy hrázky, takže nedochází k většímu poškození vozů. Obnova poškozeného zarážedla je poměrně snadná.

Použití zemního zarážedla může být omezeno z prostorových důvodů, buď při malé osově vzdálenosti sousední koleje (z hlediska zachování volného schůdného a manipulačního prostoru), nebo při malé užitečné délce koleje.

Podmínky použití a konstrukci tohoto zarážedla definuje Vzorový list železničního spodku Ž9 Zarážedla.

4.4 Pohyblivá zarážedla

Mezi pohyblivá zarážedla se pro účely tohoto metodického pohybu řadí zarážedla absorbující kinetickou energii třením mezi brzdnými prvky zarážedla a kolejnicemi, které vzniká při posunu zarážedla nárazem vozidla.

Pohyblivá zarážedla mohou být v uspořádání:

- s mechanickými nebo hydraulickými nárazníky
- s postranními nárazníky odpovídajícími poloze nárazníků vozidel nebo se středním nárazníkem pro náraz středního nárazecího a spřáhlového ústrojí nebo kombinace obou
- s přídavnými brzdami nebo bez přídavných brzd
- s přídavnými kolejnicemi nebo jiným zařízením zajišťujícím stabilitu kolejového roštu v pracovní délce zarážedla a zvyšující účinnost zarážedla při nárazu

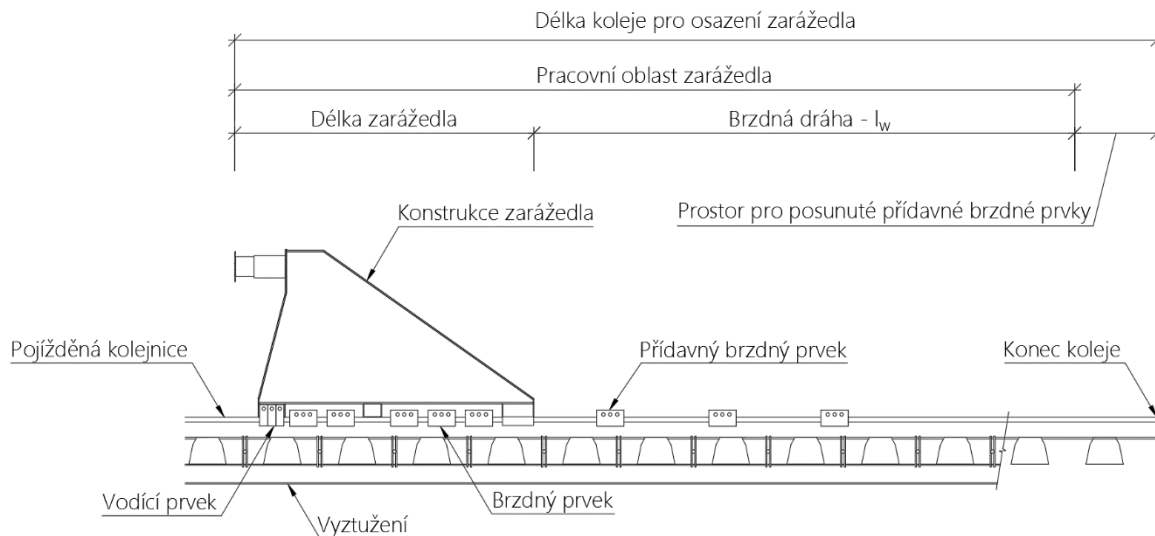
K posunu pohyblivého zarážedla dojde v případě, když síly působící na zarážedlo jsou větší než třecí síly vznikající mezi brzdnými prvky a pojížděnými nebo přídavnými kolejnicemi. Z tohoto důvodu se pohyblivá zarážedla neosazují bezprostředně na konec kolejového roštu, ale v určité vzdálenosti od něj.

Kinetická energie vozidla se snižuje postupně, po délce brzdné dráhy. Vozidlo je pak možné bez většího poškození vozidla i zarážedla bezpečně zastavit. Při nárazu vznikají menší zpomalení než v případě pevného zarážedla. Účinnost pohyblivých zarážedel je výrazně vyšší než u předchozích uvedených typů.

Pro zmírnění nárazu vozidla do zarážedla lze použít hydraulické nárazníky. Hydraulické nárazníky absorbují část kinetické energie vlastním stlačením a poté dojde k pohybu těla zarážedla. Při nízkých nárazových rychlostech, kdy je veškerá kinetická energie absorbována v hydraulických náraznicích a nedojte k pohybu zarážedla, není nutné jeho zpětné navrácení. Hydraulické nárazníky se použijí v případě nárazových rychlostí větších než 15 km.h⁻¹ nebo při intenzivním provozu osobních vlaků na kusé koleji.

Brzdné prvky pohyblivého zarážedla i brzdné prvky přídavných brzd se třením opotřebovávají a jejich brzdná síla se s brzdou dráhou snižuje. Z tohoto důvodu je omezena délka brzdné dráhy zarážedla (viz Tabulka 2).

Brzdný účinek zarážedla lze zvýšit osazením přídavných brzd do oblasti brzdné dráhy zarážedla.



Obrázek 1 - Schematické uspořádání ukončení kusé koleje s pohyblivým zarážedlem s vyznačením hlavních částí

Přídavné brzdy se navrhují v případě, kdy je kinetická energie vozidla větší než maximální brzdná práce zarážedla s maximálním počtem brzdnych prvků na zarážedle nebo je potřeba brzdnu sílu zvětšovat postupně z důvodu dodržení maximálních brzdnych zpomalení působících na vozidla o různých hmotnostech. Konstrukce zarážedla musí umožnit použití přídavných brzd.

Jedna přídavná brzda je tvořena jedním párem brzdnych prvků, které mohou být vzájemně spojeny. Přídavné brzdy se umísťují za zarážedlo do jeho brzdne dráhy. Zarážedlo na přídavné brzdy postupně naráží a uvede je v činnost. Přídavné brzdy se zarážedlem spolupůsobí, čímž se zvýší brzdna síla.

Přídavné brzdy zvýší brzdnu sílu zarážedla, ale současně se zvýší tahové síly a ohybové momenty v kolejnicích, které vznikají při přenosu sil ze zarážedla. Těmito ohybovými momenty může být kolejový rošt v oblasti nárazníků při nárazu vozidla nadzdvižen, obzvláště při velkých brzdnych silách.

V případě použití přídavných brzd je možné vyztuzit kolejový rošt ocelovými profily nebo přídavnými kolejnicemi tak, aby bylo zabráněno nebo sníženo nadzdvižení kolejového roštu při nárazu. Vyztuzení kolejového roštu se navrhne pokud maximální brzdna síla $F_{B,max} > 800$ kN.

Vozidla vybavena středním nárazecím a spráhlovým ústrojím vyžadují odpovídající konstrukci zarážedla. Pohyblivá zarážedla na kolejích s pravidelnou osobní dopravou musí být vždy vybavena konstrukcí se středním nárazníkem a s postranními nárazníky. Tato konstrukce zarážedla bude použita i v odvrtné koleji, pokud je v ní navrženo pohyblivé zarážedlo.

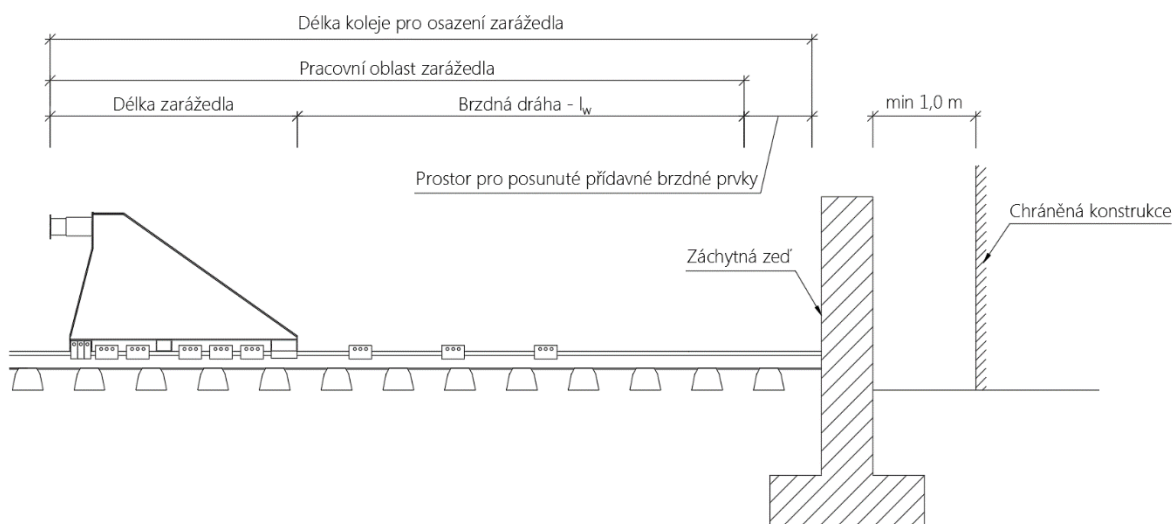
Návrh a posouzení parametrů pohyblivého zarážedla se provede podle kapitoly 3. Použití konkrétního typu zarážedla, přídavných brzd a vyztuzení kolejového roštu se řídí SŽDC O13 schválenou dokumentací příslušného zarážedla (zpravidla příslušnými TPD). Jiné řešení je možné navrhnout pouze po projednání se SŽDC O13.

5 ZÁCHYTNÁ ZEĎ

Záchytné zdi se umísťují individuálně za zarážedla. Záchytné zdi se navrhují pouze ve výjimečných případech, a to k ochraně strategicky důležitých objektů nebo zabránění významného ohrožení zdraví a životů veřejnosti. Úkolem záchytné zdi je zabránit vjetí vozidla do chráněného prostoru, případně ho žádoucím směrem odklonit (do bezpečného prostoru). Souhlas s návrhem záchytné zdi vydává SŽDC O13 po projednání s odbornými útvary SŽDC.

Zásady pro navrhování záchytných zdí jsou uvedeny v UIC CODE 777-2. Podle tohoto dokumentu jsou záchytné zdi uvažovány pro ochranu konstrukcí třídy A. Konstrukce třídy A jsou nosné konstrukce výškových budov stále využívaných lidmi (úřady, ubytovací a obchodní prostory), nebo místa pro dočasné shromáždění lidí (divadla a kina). Záchytná zeď je uvažována jako ochranná konstrukce pro zónu 3, která se nachází za koncem koleje.

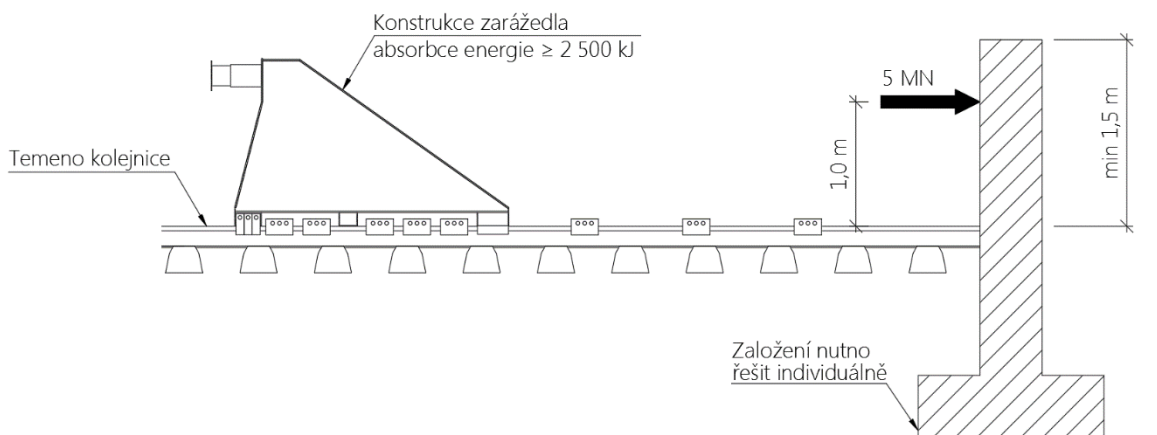
Mezi lícem záchytné zdi přilehlým ke koleji a nejbližší konstrukční součástí zarážedla musí zůstat délka kolejového roštu větší než brzdná délka zarážedla a součet délek použitých přídatných brzdných čelistí. Vzdálenost mezi konstrukcí záchytné zdi a nejbližší překážkou musí být minimálně 1 m, viz Obrázek 2.



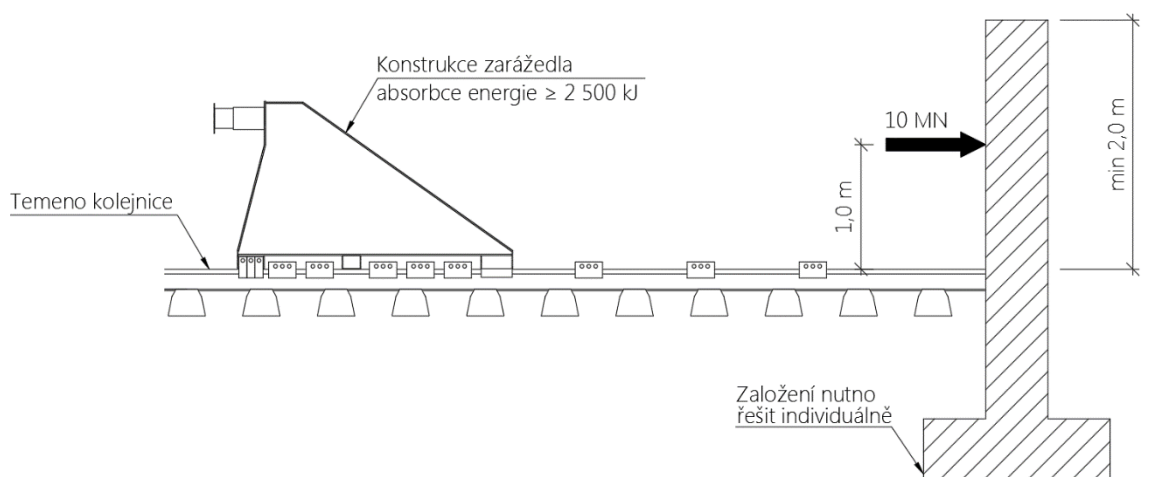
Obrázek 2 - Schéma uspořádání zarážedla a záchytné zdi

Záchytné zdi jsou kategorizovány podle UIC CODE 777-2 do dvou skupin, viz Obrázek 3 a Obrázek 4:

- záchytné zdi pro vlaky osobní přepravy – dimenzované na mimořádné zatížení příčnou silou 5 MN, výška působíště síly je 1 m nad spojnicí temen kolejnic, minimální výška zdi nad niveletou temene kolejnice je 1,5 m;
- záchytné zdi pro vlaky nákladní přepravy a posun – dimenzované na mimořádné zatížení příčnou silou 10 MN, výška působíště síly je 1 m nad spojnicí temen kolejnic, minimální výška zdi nad niveletou temene kolejnice je 2,0 m.



Obrázek 3 - Uspořádání záchytné zdi pro vlaky osobní přepravy



Obrázek 4 - Uspořádání záchytné zdi pro vlaky nákladní přepravy a posun

Před záchytnou zdí musí být umístěno pohyblivé zarážedlo s brzdou prací nejméně 2 500 kJ.

Založení záchytné zdi se navrhuje tak, aby maximální posun záchytné zdi po nárazu vozidla byl 0,5 m. Konstrukce záchytné zdi se posuzuje na mezní stav porušení od mimořádného zatížení. Při návrhu tvaru a rozměrů konstrukce a jejího založení je nutné postupovat individuálně.

Typové řešení konstrukce záchytné zdi je uvedeno v Příloze D.

6 POŽADAVKY NA PRACOVNÍ OBLAST POHYBLIVÉHO ZARÁŽEDLA

Kromě vlastní konstrukce ovlivňuje brzdou práci pohyblivého zarážedla a jeho funkčnost kolejový rošt v oblasti brzdné dráhy (stav kolejnic, konstrukční a geometrické uspořádání kolejového roštu, překážky v brzdné dráze zarážedla apod.). Požadavky na konstrukci koleje a prostorové podmínky v oblasti pohyblivého zarážedla jsou shrnuté v následujících ustanoveních.

6.1 Prostorové uspořádání

V pracovní oblasti zarážedla musí být dodržen průjezdný průřez stejný jako v části před zarážedlem, a to z důvodu minimalizace škod při případné mimořádné události. Průjezdný průřez se uvažuje bez postranních volných prostorů. Výjimku z tohoto ustanovení tvoří oblast zachytné zdi, kde se uplatní mezní průjezdný průřez. Do průjezdného průřezu v pracovní oblasti zarážedla nesmí zasahovat žádná zařízení, konstrukce či stavby, které nesouvisí se samotnou konstrukcí ukončení kusé koleje. Podle požadavku výrobce zarážedla jsou definovány volné prostory v oblasti kolejnic pro správnou funkci zarážedla. Zakrytí kolejového roštu v pracovní oblasti zarážedla je možné pouze ve výjimečných případech po odsouhlasení SŽDC O13.

6.2 Délka kolejového roštu pro osazení zarážedla

U pohyblivých zarážedel se do stavební délky zarážedla musí započítat ještě brzdná dráha zarážedla se zohledněním součtu délek přidavných brzd za zarážedlem.

6.3 Směrové poměry

Úhel nárazu kolejového vozidla do zarážedla ovlivňuje polohu nárazníků zarážedla a přenos kinetické energie do zarážedla. To má vliv na správnou funkci zarážedla, příp. jeho dimenzování.

Kolejový rošt v oblasti zarážedla se přednostně navrhuje v přímé, a to v délce nejméně 24 m před nárazníky zarážedla a v celé délce brzdové dráhy zarážedla.

Ve výjimečných případech je možné navrhnout kolejový rošt v oblasti zarážedla a před zarážedlem v oblouku. V takovém případě osazení pohyblivého zarážedla podléhá souhlasu SŽDC O13 na základě předložení technického průkazu řešení zpracovaného výrobcem zarážedla.

6.4 Sklonové poměry

Je doporučeno navrhovat sklon koleje před a kolejového roštu za zarážedlem do 2,5 ‰ včetně, přičemž je preferován sklon směrem k zarážedlu stoupající.

Sklon nivelety koleje ovlivňuje kinetickou energii vozidla zanedbatelně. Změna rychlosti, resp. změna nárazové síly při pohybu vozidla po koleji nenulového sklonu odpovídá přírůstku potenciální energie vycházející ze změny výšky po délce dráhy.

Ve výpočtech se vliv sklonových poměrů nezohledňuje.

6.5 Železniční svršek

V případě investičních akcí se navrhuje v pracovní oblasti zarážedla kolejnice zásadně z nového materiálu a bez svarů.

Kolejnice lze v pracovní oblasti zarážedla v případě potřeby svařovat přednostně metodou stykově s odtavením. Svařovat se mohou pouze kolejnice stejného tvaru a musí být na svarech provedena defektoskopická kontrola. Kolejnice nesmí od neutrální osy směrem nahoru vykazovat žádné nerovnosti (např. návarky, deformace hlavy kolejnice, zbytky propojek apod.) a přechod obroušené části na neobroušenou musí být plynulý. V případě použití užitých kolejnic v oblasti zarážedla nebo osazení zarážedla na stávající kolejový rošt musí být posouzeno ojetí kolejnic a konstantní profil hlavy kolejnice pro osazení správného brzdového prvku dle specifikací výrobce zarážedla.

Kolejnice v pracovní oblasti zarážedla nesmí být natřeny ani namazány a nesmí vykazovat silné znečištění nebo podstatnou korozi, aby byla zajištěna správná funkce brzdových prvků.

Kolejnice, po kterých se zarážedlo pohybuje, se s kolejnicemi předchozího kolejového pole svařují. Kolejnice musí být do vzdálenosti 20 m před čelní plochu nárazníků zarážedla

a v pracovní oblasti zarážedla bez kolejnicových styků. Lepený izolovaný styk lze umístit do minimální vzdálenosti 3,5 m před čelní plochu nárazníků. Tato vzdálenost nesmí být zkracována bez souhlasu SŽDC O13.

Zarážedla lze umístit na kolejnicích tvaru 49 E1 a 60 E2 v úklonech 1:20, 1:40 i bez úklonu. Pražce se přednostně použijí betonové, a to z důvodu omezení zdvihu kolejového roštu při nárazu.

V případě, že se zarážedlo montuje na stávající kolejový rošt, je potřeba zajistit řádnou držebnost upevňovadel minimálně v úseku 50 m před čelní plochu nárazníků zarážedla a v pracovní oblasti zarážedla.

7 DALŠÍ USTANOVENÍ

7.1 Identifikační štítek

Zarážedla kolejnicová a pohyblivá se označují štítkem výrobce, na kterém jsou uvedeny následující údaje:

- jméno výrobce, kontaktní údaje
- typové označení, popř. označení výrobce a výrobní číslo
- rok výroby zarážedla

U pohyblivých zarážedel dále také:

- maximální brzdná práce nebo brzdná síla
- brzdná dráha zarážedla, rozmístění přídavných brzd
- číslo výkresu pro vložení

Identifikační štítek se umístí viditelně na konstrukci zarážedla. Materiál štítku musí být odolný vůči povětrnostním vlivům.

7.2 Možné posunutí zarážedel při nárazu vozidla

7.2.1 Posunutí pevného zarážedla

Konstrukce pevného zarážedla s mechanickými nárazníky neumožňuje posunutí zarážedla bez poškození. Při poškození nebo posunutí (deformaci) zarážedla musí být zarážedlo vyměněno nebo opraveno.

U pevného zarážedla s hydraulickými nárazníky je posun vymezen pracovním zdvihem pístu nárazníku. Po jeho překročení dochází k deformaci zarážedla a zarážedlo musí být vyměněno nebo opraveno.

7.2.2 Přípustné posunutí pohyblivého zarážedla

Není nutné, aby se pohyblivá zarážedla přesouvala do výchozí polohy i po malém posunutí. Přípustné posunutí zarážedla bez nutnosti jeho zpětného přesunutí je 20 % délky brzdne dráhy, nejvýše však 1,0 m.

Zarážedla posunutá nárazem vozidla o větší délku než je přípustné posunutí se vrátí do výchozí polohy.

7.2.3 Označení polohy pohyblivého zarážedla

Pro kontrolu posunutí pohyblivého zarážedla se označí jeho výchozí poloha a jeho poloha při maximálním přípustném posunutí.

Výchozí poloha zarážedla (tj. poloha zarážedla po jeho montáži) i přípustné posunutí nárazem vozidla se označí zajišťovací značkou uchycenou k patě kolejnice, která se

dodává spolu se zarážedlem. Výchozí zajišťovací značka se umísťuje v úrovni paty těla zarážedla na straně nárazníků. Značka vymezující přípustné posunutí se umístí ve stanovené vzdálenosti od výchozí značky směrem ke konci kusé koleje.

7.3 Návěstidla

Konce kusých kolejí se označují dle zásad stanovených předpisem SŽDC D1 Dopravní a návěsní předpis.

Každé zarážedlo se vybaví návěstidlem s návěstí **Posun zakázán**. Na zarážedle musí být toto návěstidlo umístěno viditelně v oblasti mezi nárazníky nebo nad nimi. Návěstidlo musí být provedeno dle OTP Neproměnná návěstidla.

Je-li před zarážedlem zřízena písková kolej, umístí se návěstidlo s návěstí **Posun zakázán** na tyči na začátku pískové koleje.

8 ZÁVĚREČNÁ USTANOVENÍ

Tento metodický pokyn nabývá účinnosti dnem jeho zveřejnění.

Výjimky z tohoto metodického pokynu povoluje ředitel SŽDC O13.

CITOVANÉ DOKUMENTY

Mezinárodní a národní právní předpisy, technické normy

UIC CODE 777-2 Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone, 2nd edition, September 2002

SOUVISEJÍCÍ DOKUMENTY

Mezinárodní a národní právní předpisy, technické normy

ČSN 73 6320 Prostorová průchodnost na dráze celostátní, dráhách regionálních a místních a vlečkách normálního rozchodu – Národní požadavky

Vnitřní předpisy

SŽDC Ž9 Železniční spodek, vzorový list železničního spodku, zarážedla

SŽDC S3 Železniční svršek

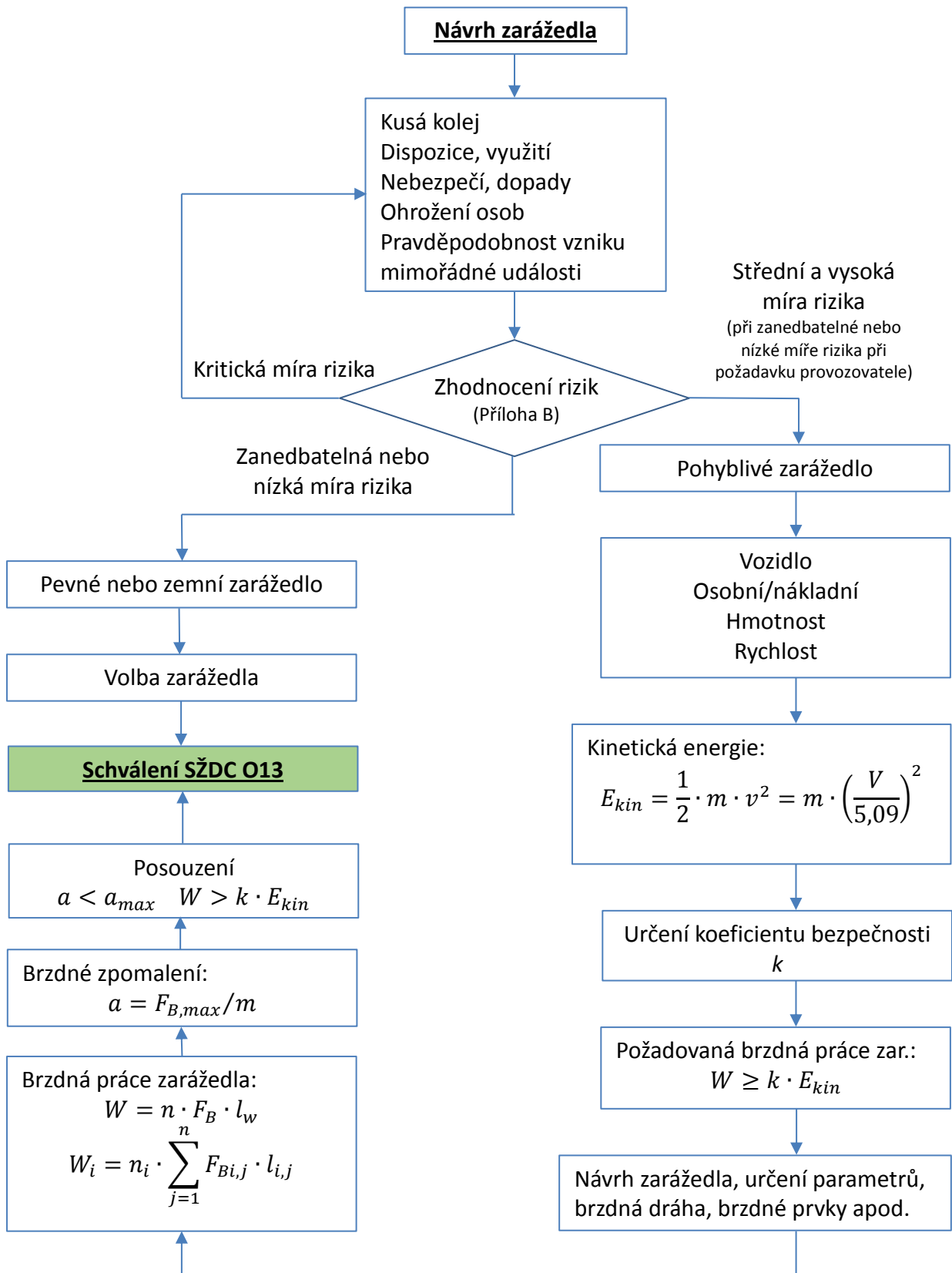
SŽDC S3/2 Bezstyková kolej

SŽDC S4 Železniční spodek

SŽDC D1 Dopravní a návěstní předpis

TKP Staveb státních drah, Kapitola 10 – nástupiště, rampy, zarážedla, účelové komunikace a zpevněné plochy

OTP Neproměnná návěstidla

Příloha A (normativní)**Obecný postup návrhu druhu zarážedla**

Příloha B (normativní)**Zhodnocení rizik možného ohrožení v okolí ukončení kusé koleje****B.1 Obecné zásady zhodnocení rizik**

V případě, že bude prováděna oprava zarážedla náhradou za jiný typ v místě, kde nedojde ke změně v konfiguraci okolí zarážedla (nástupiště, objekty za zarážedlem apod.) nebo provozu a bude použit typ zarážedla se stejnými nebo s vyššími absorpčními parametry, bude návrh hodnocen jako změna bez dopadu na bezpečnost v souladu s kodexy správné praxe a proces řízení rizik nebude uplatňován.

V ostatních případech se při hodnocení rizik možného ohrožení v okolí konce kusé koleje podle Tabulky B1 stanoví koeficient *P* vyjadřující pravděpodobnost výskytu mimořádné události. Podle Tabulky B2 se stanoví koeficient *D* závažnosti následků mimořádné události a podle Tabulky B3 koeficient *O* pravděpodobnosti vzniku mimořádné události. Výsledná míra rizika je následně definována v Tabulce B4.

B.2 Stanovení koeficientu *P* vyjadřujícího pravděpodobnost výskytu mimořádné události

Pravděpodobnost výskytu mimořádné události	Koeficient <i>P</i>
Nízká ¹⁾	1,0
Střední ²⁾	1,5
Vysoká ³⁾	2,0

Tabulka B1 - Pravděpodobnost výskytu mimořádné události

Pozn.:

¹⁾ Typicky se hodnotí jako *Nízká pravděpodobnost výskytu mimořádné události* situace, kdy je celá kusá kolej v přímé (s výjimkou přípojného oblouku za výhybkou) a zároveň užitečná délka kusé koleje je alespoň 100 m, zároveň se jedná o manipulační kolej a počet vjezdů posunových dílů je méně než 2× za den.

²⁾ Typicky se hodnotí jako *Střední pravděpodobnost výskytu mimořádné události* situace, kdy není splněna právě jedna z podmínek uvedených u hodnocení *nízké pravděpodobnosti výskytu*, tj., část kusé koleje je v oblouku, nebo kusá kolej je krátká s užitečnou délkou menší než 100 m, nebo na kusou kolej pravidelně vjíždějí vlaky nebo posunové díly, počet vjezdů je vyšší než 2× za den, nejvíce však 12× za den.

³⁾ Typicky se hodnotí jako *Vysoká pravděpodobnost výskytu mimořádné události* situace, kdy není splněno současně více z podmínek uvedených u hodnocení *nízké pravděpodobnosti výskytu*, nebo je kolej intenzivně využívána pro vjezdy vlaků nebo posun, přitom za intenzivní využívání se považuje vjezd více jak 12 vlaků nebo posunových dílů za den.

B.3 Stanovení koeficientu *D* vyjadřujícího závažnost následků mimořádné události

Závažnost následků mimořádné události	Koeficient <i>D</i>
Nízká ¹⁾	1,0
Střední ²⁾	1,5
Vysoká ³⁾	2,0

Tabulka B2 - Závažnost následků mimořádné události

Pozn.:

¹⁾ *Nízká závažnost následků mimořádné události* se přiřadí případům, kdy hrozí jen zanedbatelné škody na majetku, nehrozí možnost zranění nebo usmrcení osob v okolí kusé koleje. Týká se kusé koleje bez nástupiště a bez objektů a komunikací za ukončením kusé koleje a kde nehrozí pád kolejových vozidel z výšky.

2) *Střední závažnost následků mimořádné události* se přiřadí případům, kdy hrozí pouze škody na majetku nebo zanedbatelné riziko zranění osob v okolí kusé koleje. Týká se kusých kolejí u vnějších nástupišť, za koncem kusé koleje nejsou umístěny žádné komunikace nebo konstrukce, např. sloupy trakčního vedení nebo osvětlení, zastřešení nástupiště, reklamní billboardy apod., hrozící pádem na nástupiště.

3) *Vysoká závažnost následků mimořádné události* se přiřadí případům, kdy hrozí těžká zranění nebo usmrcení osob v okolí kusé koleje. Týká se jazykových nástupišť nebo nástupišť s přístupem cestujících za ukončením kusé koleje, kusých kolejí směřujících k dopravním kolejím, kusé koleje končící před pozemní komunikací vedoucí na železniční přejezd v sousední koleji apod.

B.4 Stanovení koeficientu *O* vyjadřujícího pravděpodobnost vzniku mimořádné události

Pravděpodobnost vzniku mimořádné události	Koeficient <i>O</i>
Vysoká ¹⁾	2,0
Střední ²⁾	1,5
Nízká ³⁾	1,0

Tabulka B3 - Pravděpodobnost vzniku mimořádné události

Pozn.:

1) *Vysoká pravděpodobnost vzniku mimořádné události* se přiřadí případům, kdy kolej není vybavena zabezpečovacím zařízením splňujícím podmínky uvedené v hodnocení *střední pravděpodobnosti vzniku*, a nebo se jedná o manipulační kolej.

2) *Střední pravděpodobnost vzniku mimořádné události* se přiřadí případům, kdy je kolej vybavena zabezpečovacím zařízením 2. a 3. kategorie, kde však není součinnost se zařízením na hnacím vozidle.

3) *Nízká pravděpodobnost vzniku mimořádné události* se přiřadí případům, kdy je zabezpečovací zařízení v dané koleji na takové úrovni, že je v součinnosti se zařízením na hnacích vozidlech (ETCS), které kontroluje rychlost vlaku a vynucuje jeho zastavení před zarážedlem a počet vjezdů posunových dílů je méně než 2× za den.

B.5 Stanovení prioritního rizikového čísla a stanovení míry rizika

Hodnoty získané dle Tabulek B1 až B3 jsou vzájemně vynásobeny dle následujícího vzorce:

$$PRČ = P \cdot D \cdot O \quad (1)$$

Tento součin vyjadřuje tzv. **prioritní rizikové číslo (PRČ)**. Získaná hodnota stanoví míru rizika dle Tabulky B4.

Interval rizika	Míra rizika
$PRČ > 6$	Kritická
$4,5 < PRČ \leq 6$	Vysoká
$3 < PRČ \leq 4,5$	Střední
$1,5 < PRČ \leq 3$	Nízká
$PRČ \leq 1,5$	Zanedbatelná

Tabulka B4 - Hodnocení rizika (PRČ)

B.6 Význam hodnocení míry rizika

Kritická míra rizika je nepřijatelná a musí být odstraněna. Opatření pro stávající typy ukončení kusé koleje mohou být spojena například s provozními opatřeními. V případě nového typu ukončení kusé koleje, musí být již opatření aplikována do návrhu.

V ostatních případech míry rizika se jedná o akceptovatelná rizika za předpokladu návrhu ukončení kusé koleje vhodným druhem zarážedla podle Přílohy A.

Příloha C (informativní)**Příklad výpočtu velikosti brzdné práce a brzdného zpomalení****Zadání**

Navrhněte pohyblivé zarážedlo, které bude vyhovovat pro osobní vlak tvořený elektrickou lokomotivou ř. 380 + 8 osobních vozů a elektrickou tří vozovou jednotku ř. 471. Za koncem kusé koleje hrozí nebezpečí pádu z výšky.

Rekapitulace

- Těžký vlak – lokomotiva ř. 380 + 8 vozů, plně obsazený, hmotnost 440 t
- Lehký vlak – tří vozová jednotka ř. 471, poloviční obsazenost, hmotnost 168 t

Pro vlak osobní dopravy se uvažuje nárazová rychlost $15 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.
Koeficient bezpečnosti $k = 2,0$.

Výpočet kinetické energie uvažovaných vlakůTěžký vlak

Kinetická energie:
$$E_{kin} = m \cdot \left(\frac{V}{5,09}\right)^2 = 440 \cdot \left(\frac{15}{5,09}\right)^2 = 3821 \text{ kJ}$$

Požadovaná brzdná práce zarážedla: $W \geq k \cdot E_{kin} = 2,0 \cdot 3821 = 7642 \text{ kJ}$

Lehký vlak

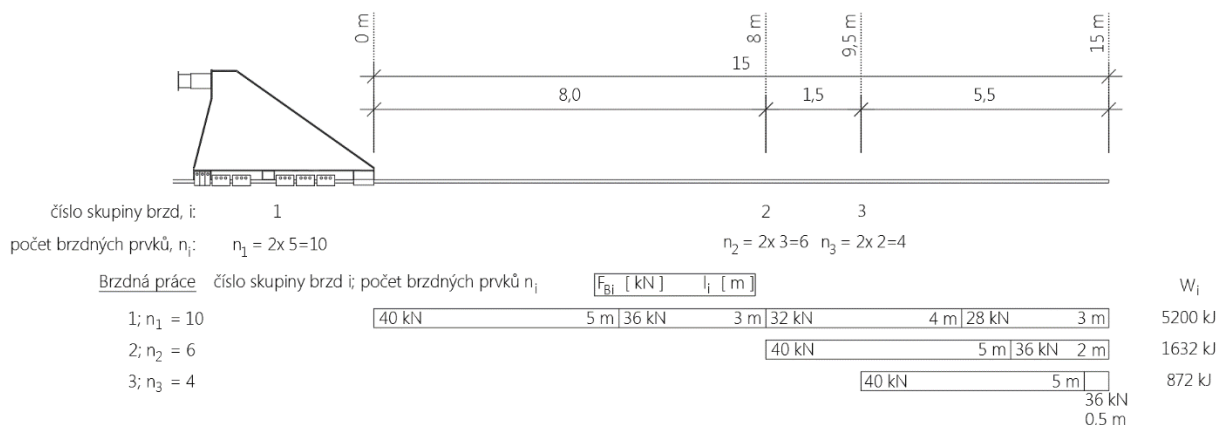
Kinetická energie:
$$E_{kin} = m \cdot \left(\frac{V}{5,09}\right)^2 = 168 \cdot \left(\frac{15}{5,09}\right)^2 = 1459 \text{ kJ}$$

Požadovaná brzdná práce zarážedla: $W \geq k \cdot E_{kin} = 2,0 \cdot 1459 = 2918 \text{ kJ}$

Výsledná minimální požadovaná brzdná práce zarážedla: $W_{min} = 7642 \text{ kJ}$

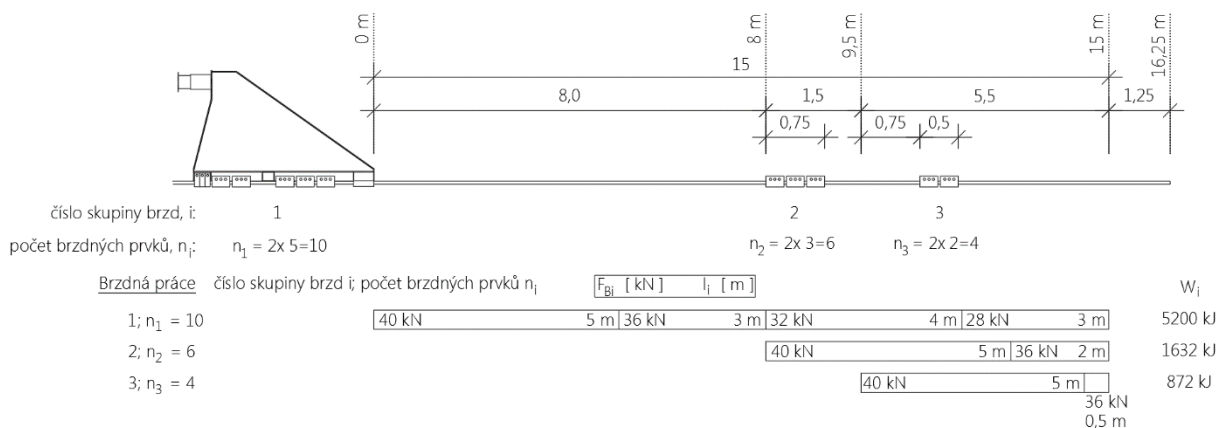
Návrh zarážedla – varianta 1

Zarážedlo s 5 páry brzdných prvků a dvěma skupinami přidavných brzd (pro zvýšení brzdného účinku) – první skupina přidavných brzd se třemi páry brzdných prvků ve vzdálenosti 8 m od konce zarážedla, druhá skupina se dvěma páry brzdných prvků ve vzdálenosti 9,5 m od konce zarážedla. Délka brzdné dráhy 15 m (viz Obrázek C1).



Obrázek C1 - Rozdělení brzdné dráhy do dílčích úseků – varianta 1

Komentář k Obrázku C1: Obrázek znázorňuje výpočtový model pro určení celkové brzdné práce a rozmístění skupin přidavných brzd. Tabulky znázorňují úbytek brzdné síly po délce brzdné dráhy (viz kapitola 3.3.2 Metodického pokynu).



Obrázek C2 - Konstrukční uspořádání – varianta 1

Komentář k Obrázku C2: Skupiny přidavných brzd je potřeba umístit tak, aby k jejich aktivaci došlo ve správný okamžik dle výpočtového modelu. Skupiny přidavných brzd je tedy potřeba „odsunout“ o součet délek předchozích přidavných brzdných prvků. Délka jednoho brzdného prvku je 0,25 m. Délka kolejového roštu pro osazení zarážedla je prodloužena oproti výpočtovému modelu o součet délek přidavných brzdných prvků za zarážedlem (prostor pro posunuté brzdné prvky, viz kapitola 6.2 Metodického pokynu).

Brzdná práce zarážedla (první skupina brzd):

$$W_1 = n_1 \cdot l_1 \cdot F_{B1} + n_1 \cdot l_2 \cdot F_{B2} + n_1 \cdot l_3 \cdot F_{B3} + n_1 \cdot l_4 \cdot F_{B4} = 10 \cdot 5 \cdot 40 + 10 \cdot 3 \cdot 36 + 10 \cdot 4 \cdot 32 + 10 \cdot 3 \cdot 28 = 5200 \text{ kJ}$$

Brzdná práce druhé skupiny brzd (první skupina přidavných brzd):

$$W_2 = n_2 \cdot l_1 \cdot F_{B1} + n_2 \cdot l_2 \cdot F_{B2} = 6 \cdot 5 \cdot 40 + 6 \cdot 2 \cdot 36 = 1632 \text{ kJ}$$

Brzdná práce třetí skupiny brzd (druhá skupina přidavných brzd):

$$W_3 = n_3 \cdot l_1 \cdot F_{B1} + n_3 \cdot l_2 \cdot F_{B2} = 4 \cdot 5 \cdot 40 + 4 \cdot 0,5 \cdot 36 = 872 \text{ kJ}$$

Celková brzdná práce zarážedla:

$$W = W_1 + W_2 + W_3 = 5200 + 1632 + 872 = 7704 \text{ kJ}$$

Celková brzdná práce zarážedla vyhovuje požadované brzdné práci:

$$W = 7704 \text{ kJ} > W_{min} = 7642 \text{ kJ}$$

Brzdné zpomalení

Těžký vlak

Zastaví na konci brzdné dráhy, tzn. na brzdění se podílí všechny skupiny brzd.

Největší brzdná síla bude působit při nárazu do druhé (poslední) skupiny přidavných brzd:

$$F_{B,max} = n_1 \cdot F_{B3} + n_2 \cdot F_{B1} + n_3 \cdot F_{B1} = 10 \cdot 32 + 6 \cdot 40 + 4 \cdot 40 = 720 \text{ kN}$$

Odpovídající brzdné zpomalení:

$$a_{max} = \frac{F_{B,max}}{m} = \frac{720}{440} = 1,64 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

Lehký vlak

Brzdná práce před nárazem do druhé skupiny brzd (do první skupiny přidavných brzd):

$$W = n_1 \cdot l_1 \cdot F_{B1} + n_1 \cdot l_2 \cdot F_{B2} = 10 \cdot 5 \cdot 40 + 10 \cdot 3 \cdot 36 = 3080 \text{ kJ}$$

$W = 3080 \text{ kJ} > W_{min} = 2918 \text{ kJ}$ tzn. lehká souprava zabrzdí před nárazem do druhé skupiny (do první skupiny přidavných brzd).

Největší brzdná síla bude působit při nárazu do zarážedla (do první skupiny brzd):

$$F_{B,max} = n_1 \cdot F_{B1} = 10 \cdot 40 = 400 \text{ kN}$$

Odpovídající brzdné zpomalení:

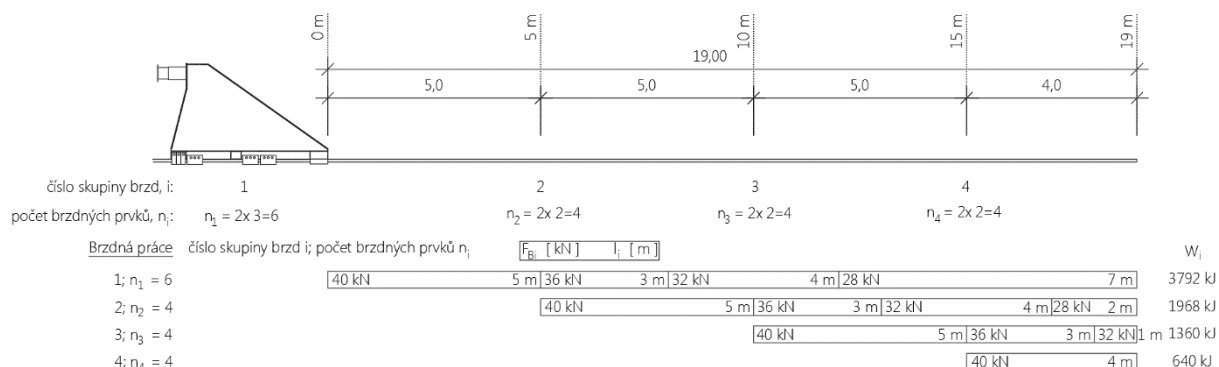
$$a_{max} = \frac{F_{B,max}}{m} = \frac{400}{168} = 2,38 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

Největší brzdné zpomalení bude působit na lehkou soupravu v době nárazu na zarážedlo. Velikost zpomalení bude $2,38 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, což vyhovuje požadované maximální hodnotě $2,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ (viz kapitola 3.3.4. Metodického pokynu).

Průběh brzdné síly, kinetické energie a brzdného zpomalení po brzdné dráze zarážedla pro navržené řešení pohyblivého zarážedla je znázorněn na následujících dvou grafech.

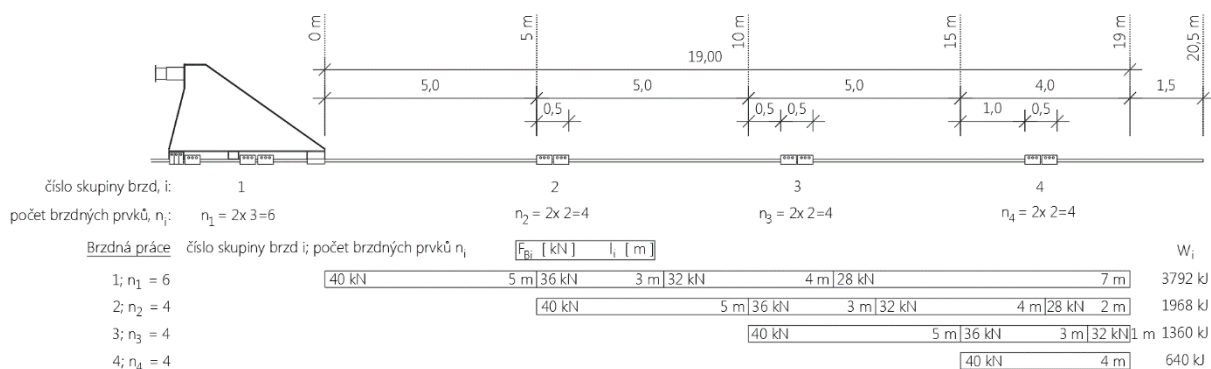
Návrh zarážedla – varianta 2

Zarážedlo s 3 páry brzdných prvků a třemi skupinami přidavných brzd (pro zvýšení brzdného účinku) – každá skupina přidavných brzd s dvěma páry brzdných prvků, rovnoměrně rozložena po délce brzdné dráhy, vzdálenost mezi skupinami je 5 m. Délka brzdné dráhy 19 m (viz Obrázek C3).



Obrázek C3 - Rozdělení brzdné dráhy do dílčích úseků – varianta 2

Komentář k Obrázku C3: Obrázek znázorňuje výpočtový model pro určení celkové brzdné práce a rozmístění skupin přidavných brzd. Tabulky znázorňují úbytek brzdné síly po délce brzdné dráhy (viz kapitola 3.3.2 Metodického pokynu).



Obrázek C4 - Konstrukční uspořádání – varianta 2

Komentář k Obrázku C4: Skupiny přidavných brzd je potřeba umístit tak, aby k jejich aktivaci došlo ve správný okamžik dle výpočtového modelu. Skupiny přidavných brzd je tedy potřeba „odsunout“ o součet délek předchozích přidavných brzdných prvků. Délka jednoho brzdného prvku je 0,25 m. Délka kolejového roštu pro osazení zarážedla je prodloužena oproti výpočtovému modelu o součet délek přidavných brzdných prvků za zarážedlem (prostor pro posunuté brzdné prvky, viz kapitola 6.2 Metodického pokynu).

Brzdná práce zarážedla (první skupina brzd):

$$W_1 = n_1 \cdot l_1 \cdot F_{B1} + n_1 \cdot l_2 \cdot F_{B2} + n_1 \cdot l_3 \cdot F_{B3} + n_1 \cdot l_4 \cdot F_{B4} = 6 \cdot 5 \cdot 40 + 6 \cdot 3 \cdot 36 + 6 \cdot 4 \cdot 32 + 6 \cdot 7 \cdot 28 = 3792 \text{ kJ}$$

Brzdná práce druhé skupiny brzd (první skupina přidavných brzd):

$$W_2 = n_2 \cdot l_1 \cdot F_{B1} + n_2 \cdot l_2 \cdot F_{B2} + n_2 \cdot l_3 \cdot F_{B3} + n_2 \cdot l_4 \cdot F_{B4} = 4 \cdot 5 \cdot 40 + 4 \cdot 3 \cdot 36 + 4 \cdot 4 \cdot 32 + 4 \cdot 2 \cdot 28 = 1968 \text{ kJ}$$

Brzdná práce třetí skupiny brzd (druhá skupina přidavných brzd):

$$W_3 = n_3 \cdot l_1 \cdot F_{B1} + n_3 \cdot l_2 \cdot F_{B2} + n_3 \cdot l_3 \cdot F_{B3} = 4 \cdot 5 \cdot 40 + 4 \cdot 3 \cdot 36 + 4 \cdot 1 \cdot 32 = 1360 \text{ kJ}$$

Brzdná práce čtvrté skupiny brzd (třetí skupina přidavných brzd):

$$W_4 = n_4 \cdot l_1 \cdot F_{B1} = 4 \cdot 4 \cdot 40 = 640 \text{ kJ}$$

Celková brzdná práce zarážedla:

$$W = W_1 + W_2 + W_3 + W_4 = 3792 + 1968 + 1360 + 640 = 7760 \text{ kJ}$$

Celková brzdná práce zarážedla vyhovuje požadované brzdné práci:

$$W = 7760 \text{ kJ} > W_{min} = 7642 \text{ kJ}$$

Brzdné zpomalení

Těžký vlak

Zastaví na konci brzdné dráhy, tzn. na brzdění se podílí všechny skupiny brzd.

Největší brzdná síla bude působit při nárazu do třetí (poslední) skupiny přidavných brzd:

$$F_{B,max} = n_1 \cdot F_{B4} + n_2 \cdot F_{B3} + n_3 \cdot F_{B2} + n_4 \cdot F_{B1} = 6 \cdot 28 + 4 \cdot 32 + 4 \cdot 36 + 4 \cdot 40 = 600 \text{ kN}$$

Odpovídající brzdné zpomalení:
$$a_{max} = \frac{F_{B,max}}{m} = \frac{600}{440} = 1,36 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

Lehký vlak

Brzdná práce před nárazem třetí skupiny (do druhé skupiny přidavných brzd):

$$W = n_1 \cdot l_1 \cdot F_{B1} + n_1 \cdot l_2 \cdot F_{B2} + n_1 \cdot l_3 \cdot F_{B3} + n_2 \cdot l_1 \cdot F_{B1} = 6 \cdot 5 \cdot 40 + 6 \cdot 3 \cdot 36 + 6 \cdot 2 \cdot 32 + 4 \cdot 5 \cdot 40 = 3032 \text{ kJ}$$

$W = 3232 \text{ kJ} > W_{min} = 2918 \text{ kJ}$ tzn. lehká souprava zabrzdí před nárazem do třetí skupiny (do druhé skupiny přidavných brzd).

Největší brzdná síla bude působit při nárazu do druhé skupiny brzd (do první skupiny přidavných brzd):

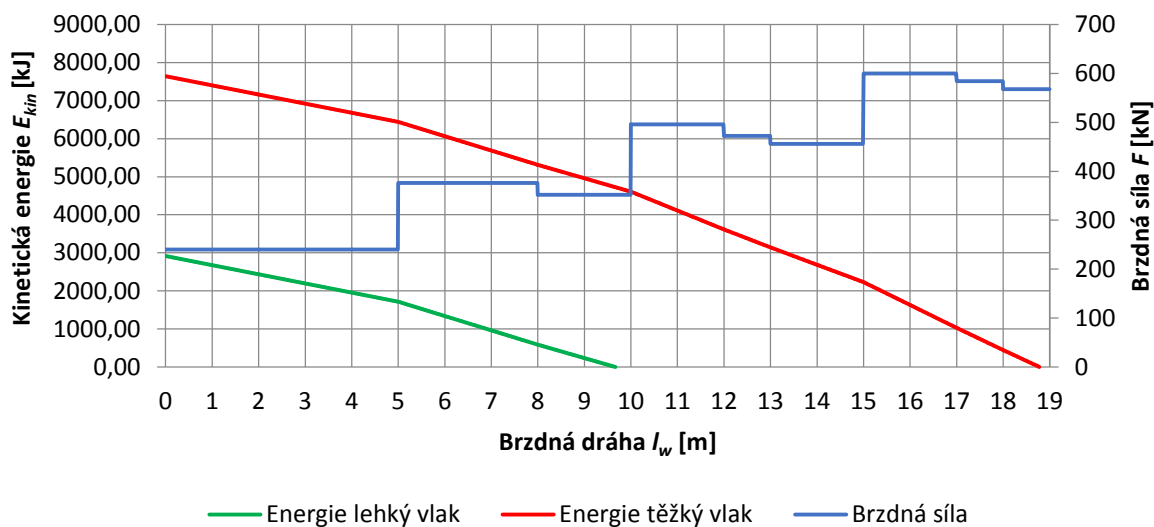
$$F_{B,max} = n_1 \cdot F_{B2} + n_2 \cdot F_{B1} = 6 \cdot 36 + 4 \cdot 40 = 376 \text{ kN}$$

Odpovídající brzdné zpomalení:
$$a_{max} = \frac{F_{B,max}}{m} = \frac{376}{168} = 2,24 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$$

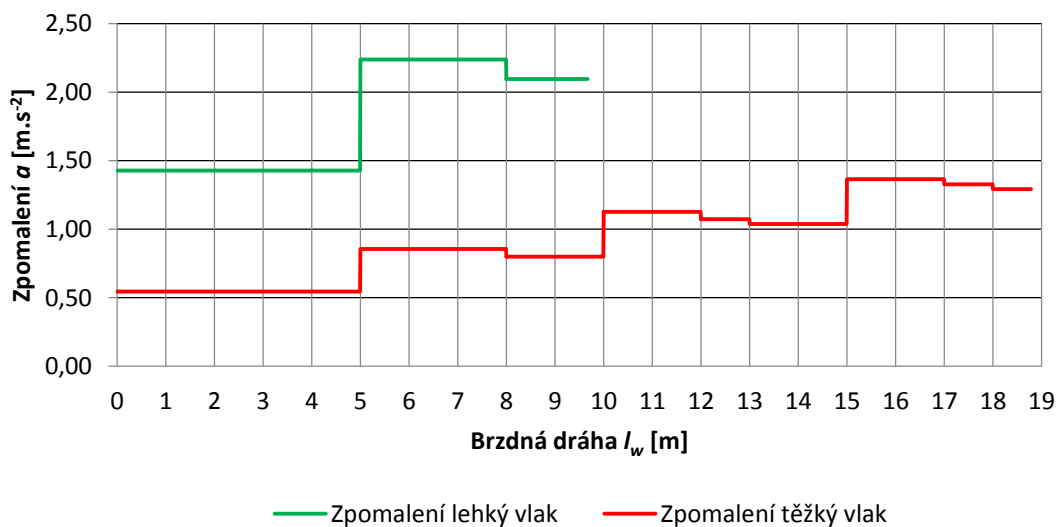
Největší brzdné zpomalení bude působit na lehkou soupravu v době nárazu do druhé skupiny brzd (do první skupiny přidavných brzd). Velikost zpomalení bude $2,24 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, což vyhovuje požadované maximální hodnotě $2,5 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ (viz kapitola 3.3.4 Metodického pokynu).

Průběh brzdné síly, kinetické energie a brzdného zpomalení po brzdné dráze zarážedla pro navržené řešení pohyblivého zarážedla je znázorněn na následujících dvou grafech.

Kinetická energie/Brzdná síla



Brzdné zpomalení



Uvedené dvě varianty návrhu představují odlišné příklady možného řešení stejného zadání.

Varianta 1 představuje minimální řešení z hlediska prostorových nároků na brzdnu dráhu zarážedla. Nevýhodou tohoto návrhu je, že nárůst brzdných sil a brzdného zpomalení není plynulý a počáteční brzdné zpomalení je na úrovni maximální přípustné hodnoty, což zhoršuje dopad na cestující příp. i náklad. Shlukování přídavných brzd do jednoho místa je méně vhodné řešení. Takovéto řešení se použije v případě velmi stísněných poměrů.

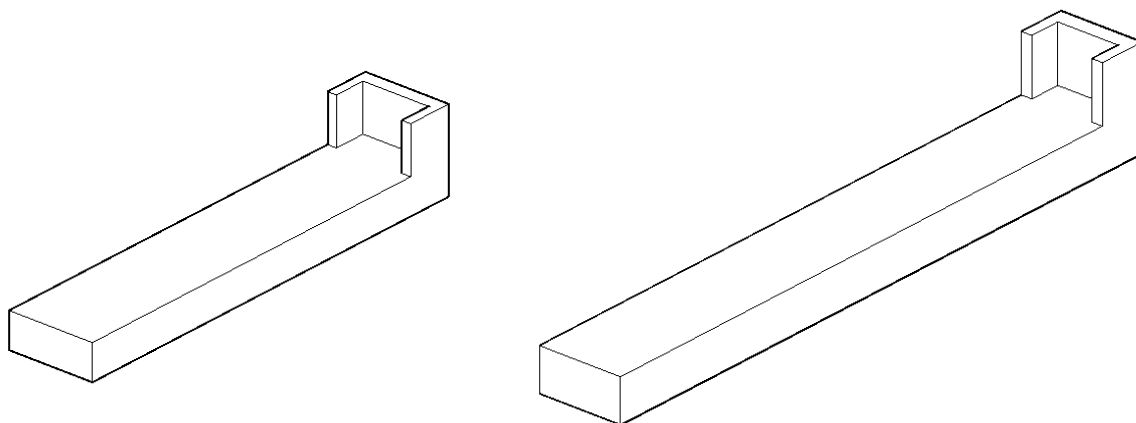
Návrh ve variantě 2 rozmísťuje přídavné brzdy rovnoměrně za zarážedlem, což vede ke snížení počáteční brzdné síly a k plynulému nárůstu brzdných sil a brzdného zpomalení po brzdné dráze aktivací jednotlivých brzdných prvků. Rozmístění přídavných brzd rovnoměrně za zarážedlem s menší počáteční brzdnu silou vyhovuje z hlediska dosažení brzdných zpomalení pro větší spektrum vozidel o různých hmotnostech až do hmotnosti nejtěžšího posuzovaného vozidla. Nevýhodou tohoto řešení je delší brzdnu dráha, resp. větší délka kolejového roštu potřebná pro osazení zarážedla.

Příloha D (informativní)**Typové řešení konstrukce záchytné zdi****D.1 Popis navržené konstrukce pro zachycení nárazu**

Návrh ochranné konstrukce pro zachycení nárazu vychází z předpokladu, že konstrukce bude železobetonová, tvořená koncovou a bočními stěnami pevně spojenými se spodní deskou. Mezi koncovou zdí a bočními stěnami bude výplňový beton vyztužený KARI sítí. Ve spodní části desky jsou uvažována příčná žebra. První příčné žebro je navrženo 1,5 m od koncové stěny a další výztuhy ve vzdálenostech po pěti metrech.

Pod stěnami a po bocích desky jsou základové pásy, viz Obrázek D1. Návrh konstrukce je omezen šířkou 4,0 m. Celková délka ochranné konstrukce pro koleje s osobní dopravou je 20 m a pro koleje s nákladní dopravou je 30 m.

Jedná se o příklad řešení. Každá konkrétní navržená konstrukce musí obsahovat vlastní statický výpočet, tvar a výkres výztuže. Vše se zohledněním místních podmínek, zejména kvality podloží.



Obrázek D1 - Schéma záchytné zdi a) pro osobní dopravu b) pro nákladní dopravu (bez výplňového betonu)

	Kolej pro osobní dopravu	Kolej pro nákladní dopravu
	[m]	[m]
Tloušťka zadní stěny	0,60	0,75
Tloušťka desky	0,40	0,50
Tloušťka železobetonových pásů	0,40	0,50
Tloušťka žeber	0,40	0,50
Boční stěny nad terénem	0,40	0,50
Boční stěny pod terénem	0,40	0,50

Tabulka D1 - Tloušťky dílčích částí ochranné konstrukce

Výška čelní stěny a bočních stěn od horní plochy desky je pro konstrukci umístěné v kolejích pro osobní dopravu 2,25 m a v kolejích pro nákladní dopravu 2,75 m, respektive min. 1,5 m, nebo min 2,0 m nad temenem kolejnice pro soustavu železničního svršku 60 E2, betonové pražce a tloušťku kolejového lože 350 mm pod ložnou plochou pražce.

Tvary konstrukcí záchytné zdi a jejich rozměry jsou uvedeny na přiložených výkresech.

D.2 Založení a kotvení záchytné zdi

Předpokládá se uložení konstrukce na podloží. Nepřenesené zatížení konstrukcí záchytné zdi přímo do podloží je nutno zachytit pomocí pilot, popřípadě hlubinných zemních kotev. Návrh pilot a zemních kotev je závislý na geologické skladbě podzákladí a konstrukčním uspořádání okolních konstrukcí. Při výpočtu přenosu podélných sil do podloží lze uvažovat tření mezi deskou a podkladem podle geotechnických podmínek.

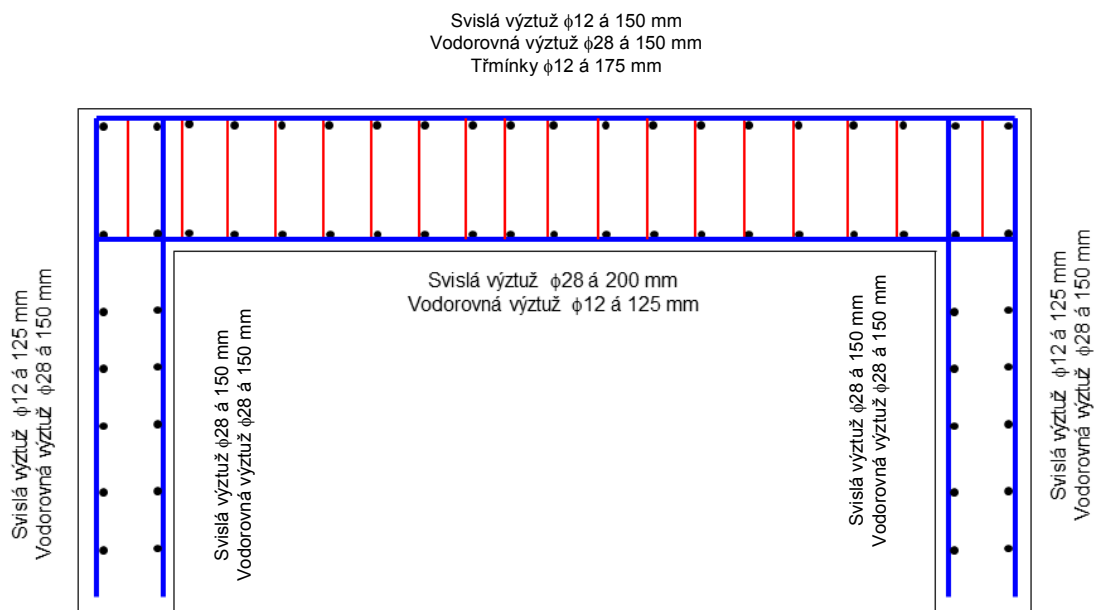
Zemní kotvy mají být uchyceny do podélného železobetonového pásu v místech příčných žeber a jsou navrženy vždy jako dvojice (je nutno zachovat symetrii vůči podélné ose). Detailní návrh zemních kotev musí být součástí individuálního statického výpočtu, který zohlední základové poměry v místě instalace ochranné konstrukce.

D.3 Použitý beton a vyztužení

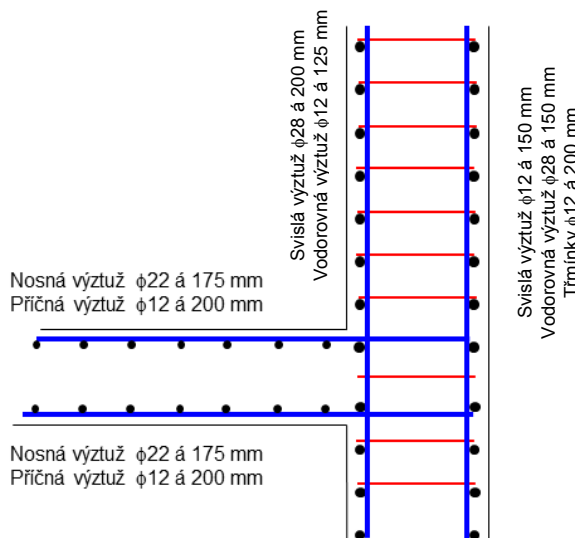
Železobetonová konstrukce je v tomto případě navržena z betonu třídy C35/45 a vyztužena pruty z oceli třídy B 550 B. Krytí výztuže je 50 mm.

V případě konkrétního použití se pro návrh betonu, výztuže a krytí výztuže postupuje v souladu s požadavky platných norem, zejména ČSN EN 1992, ČSN EN 206+A1, TKP 18 atd.

D.4 Vyztužení záchytné zdi pro osobní dopravu

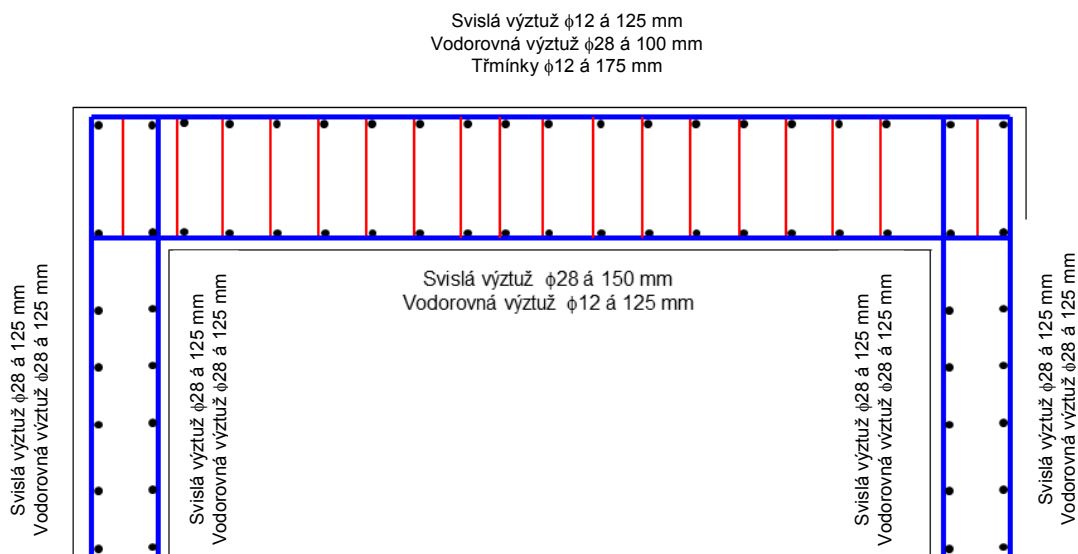


Obrázek D2 - Návrh vyztužení – koncová stěna a boční stěny – vodorovný řez

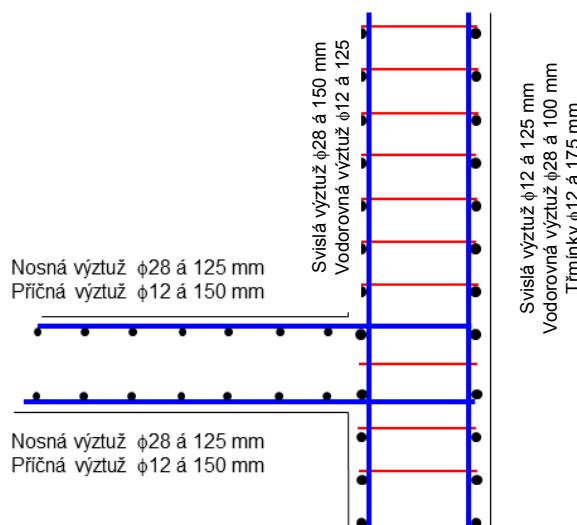


Obrázek D3 - Návrh vyztužení – koncová stěna a deska – svislý řez

D.5 Vyztužení záchytné zdi pro nákladní dopravu



Obrázek D4 - Návrh vyztužení – koncová stěna a boční stěny – vodorovný řez



Obrázek D5 - Návrh vyztužení – koncová stěna a deska – svislý řez

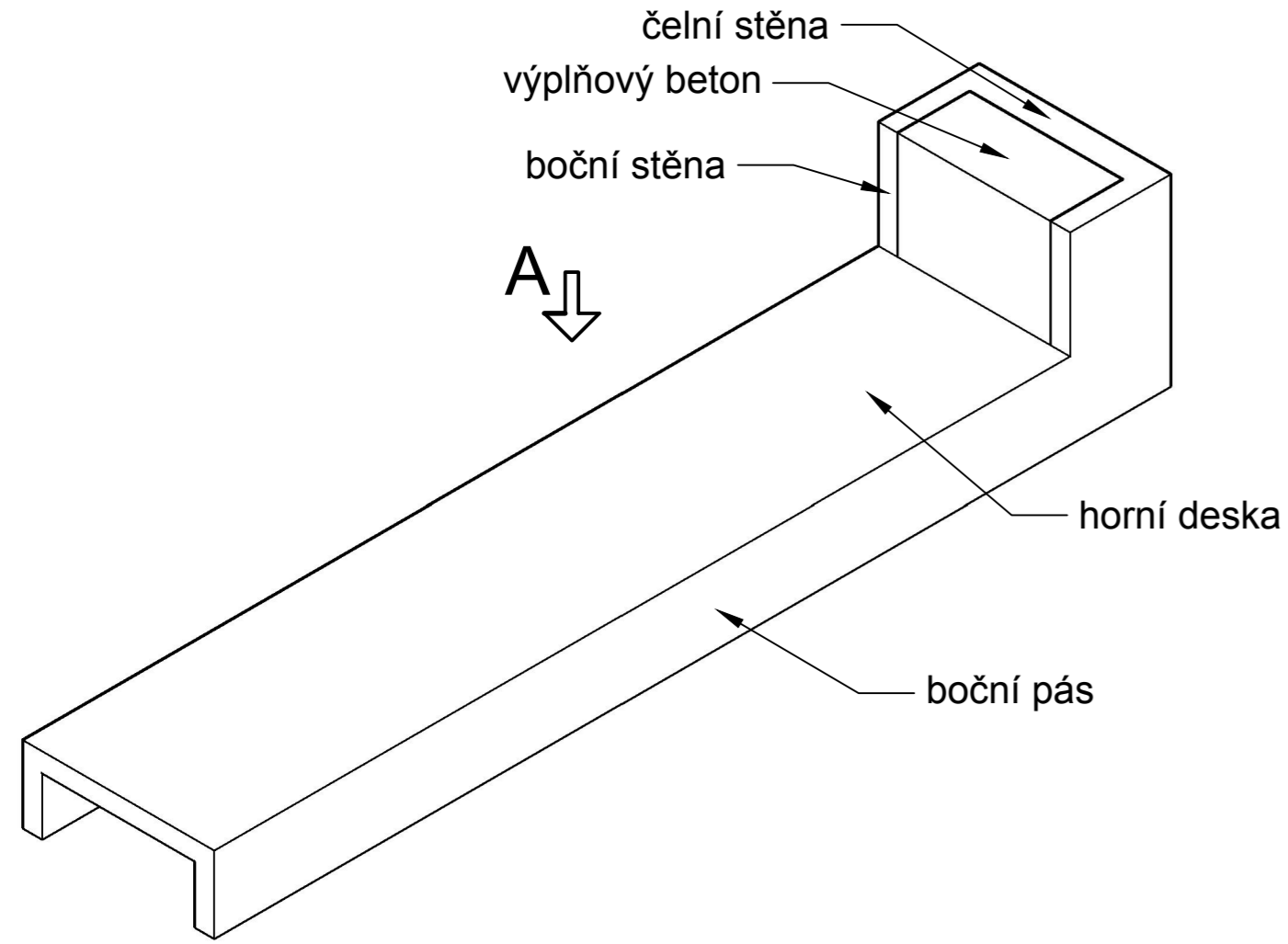
D.6 Vyztužení výplňového betonu

Na výplňový beton mezi koncovou a bočními stěnami bude použit beton třídy C35/45 a vyztužen bude pod vnějšími povrchy (čelní a horní) KARI sítí 8 mm 10×10. Krytí výztuže bude 50 mm.

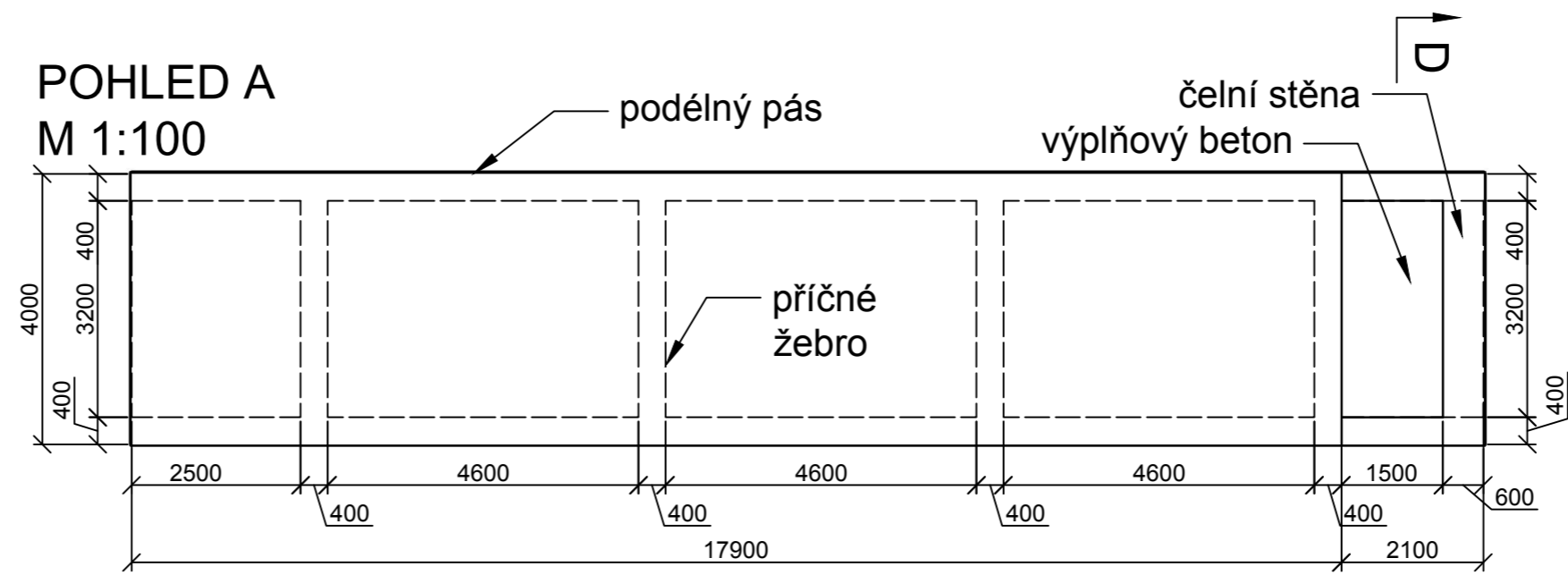
Vyztužení musí zajistit roznesení příčných štěpných sil. Výplňový beton je možné v konkrétním případě vynechat a bodové zatížení přenést přímo silnější koncovou zdí.

ZÁCHYTNÁ ZEĎ

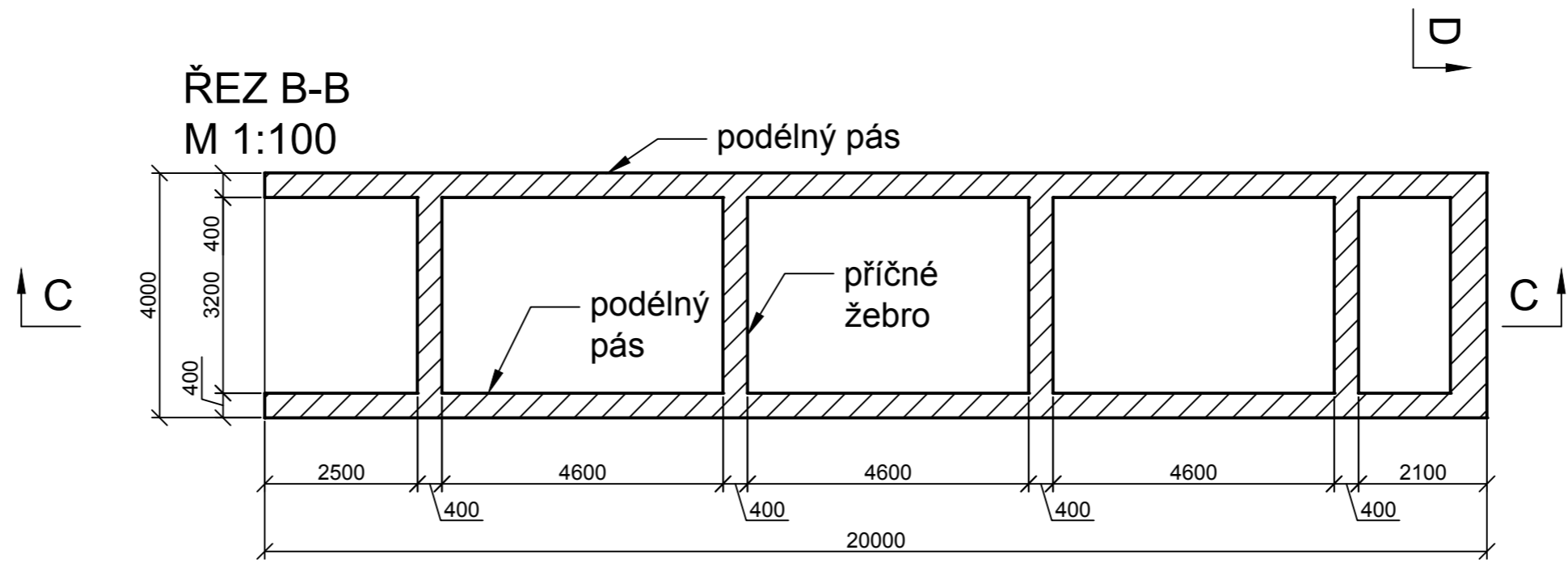
KOLEJE PRO OSOBNÍ DOPRAVU



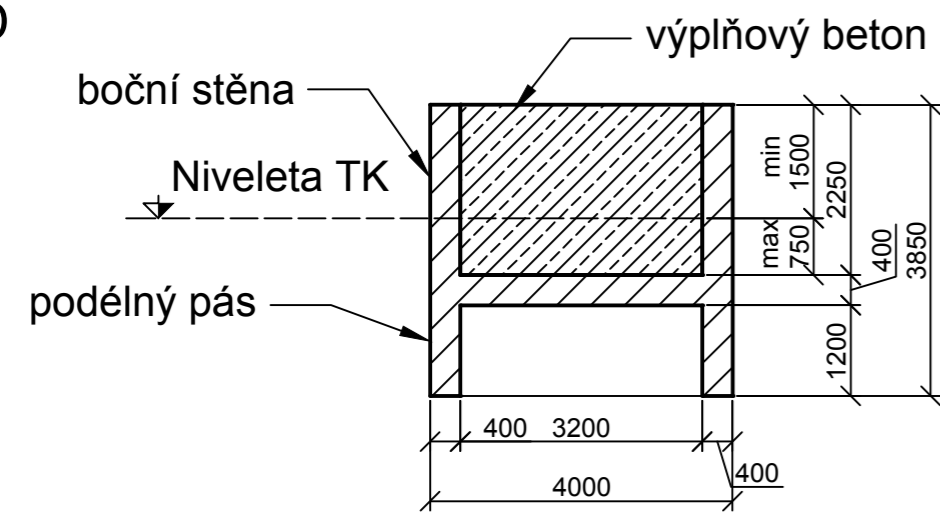
POHLED A
M 1:100



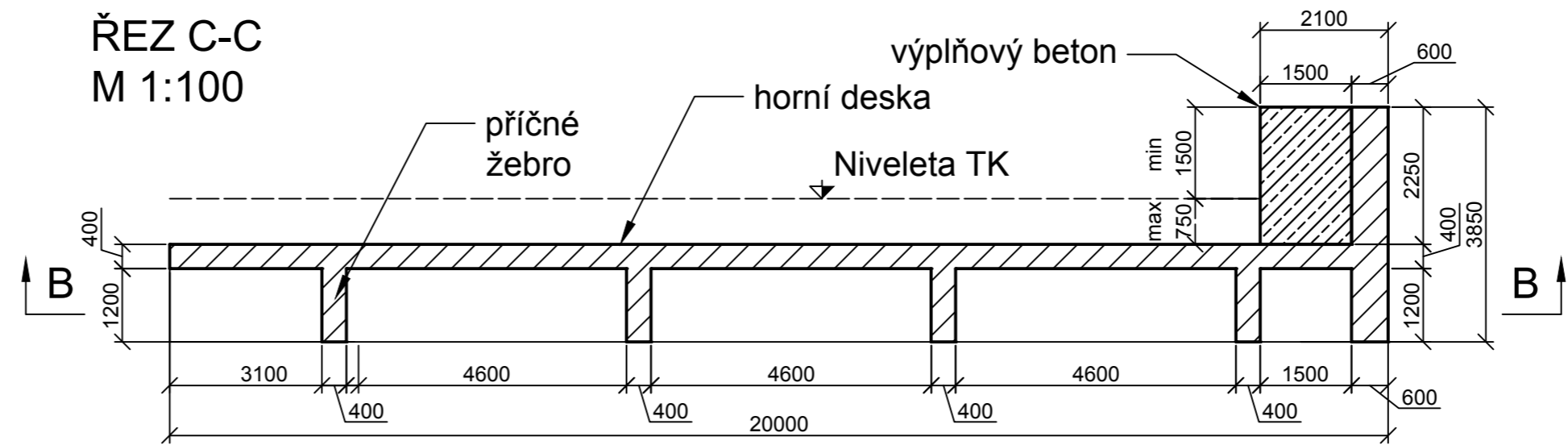
ŘEZ B-B
M 1:100



ŘEZ D-D
M 1:100

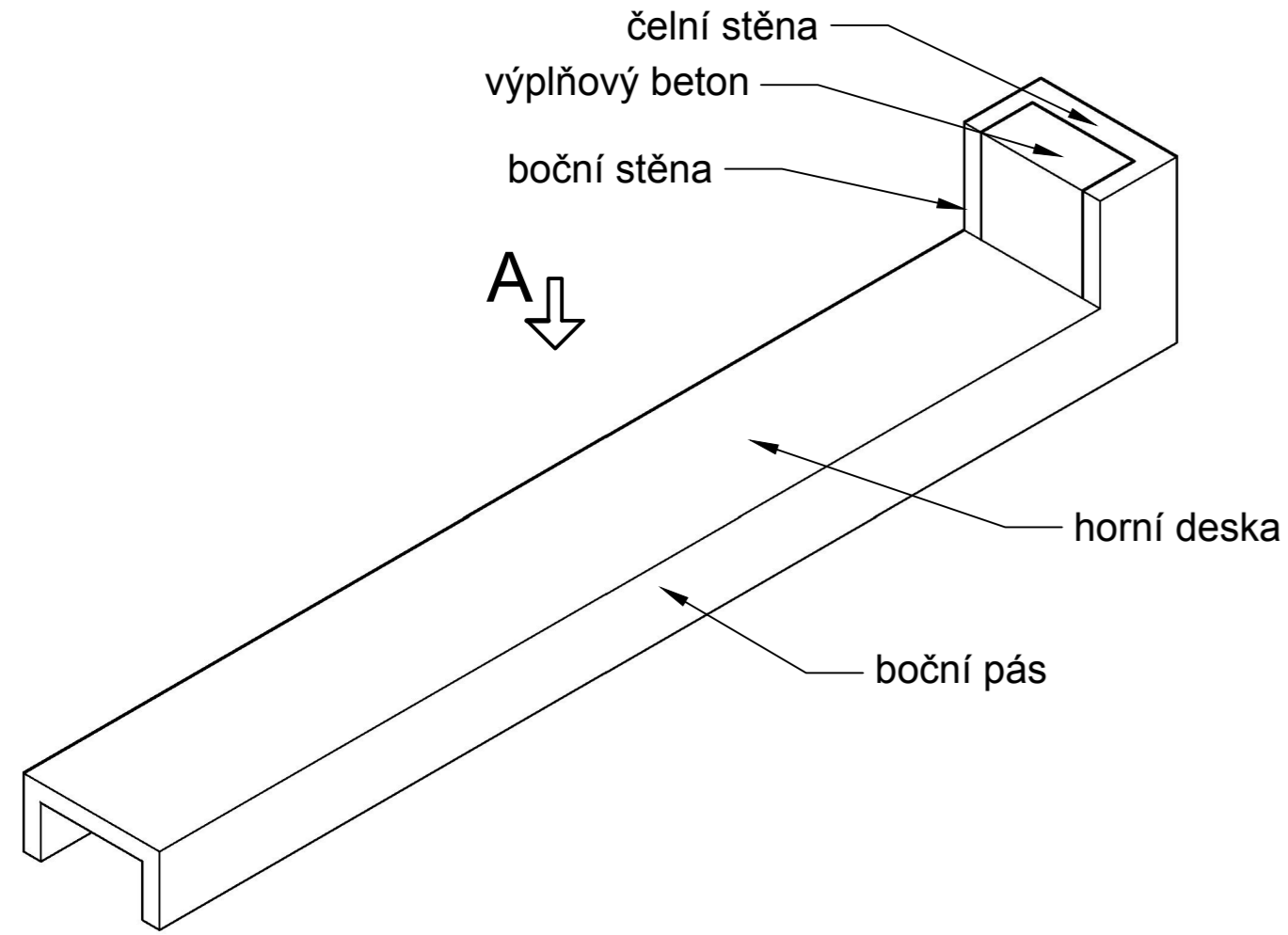


ŘEZ C-C
M 1:100

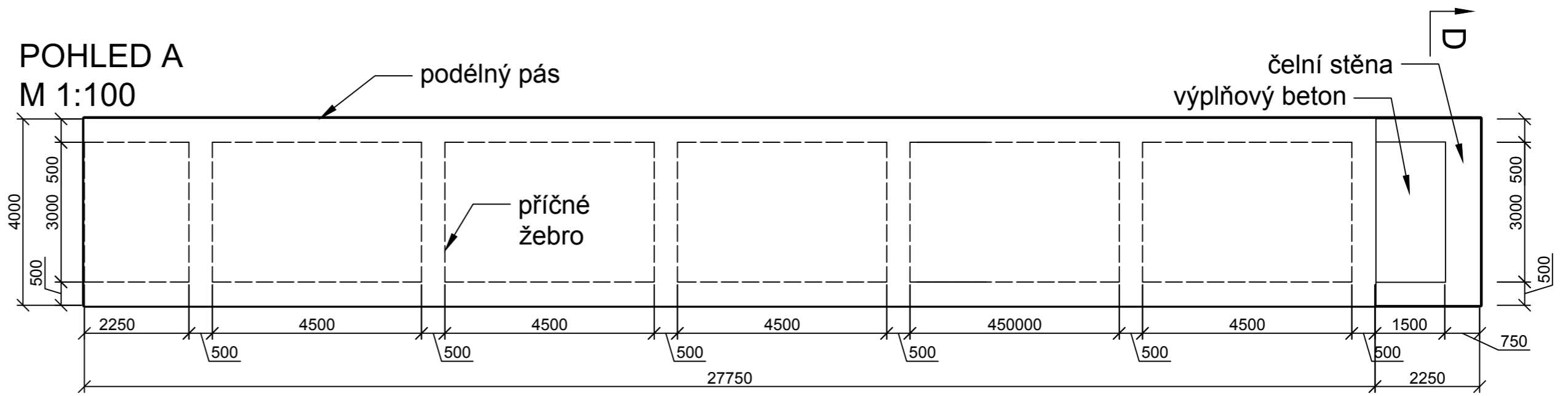


ZÁCHYTNÁ ZEĎ

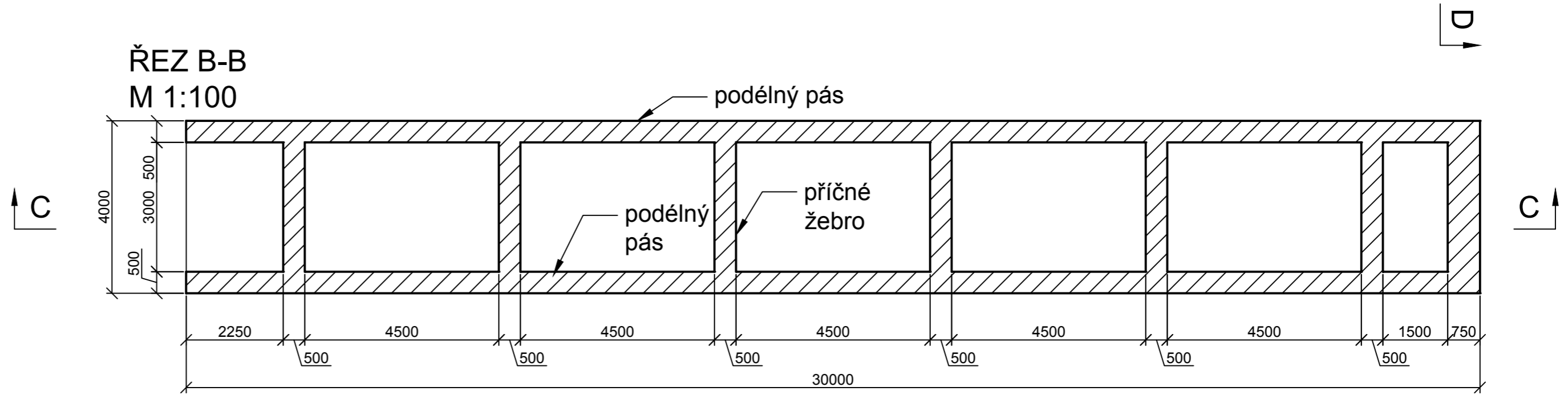
KOLEJE PRO NÁKLADNÍ DOPRAVU



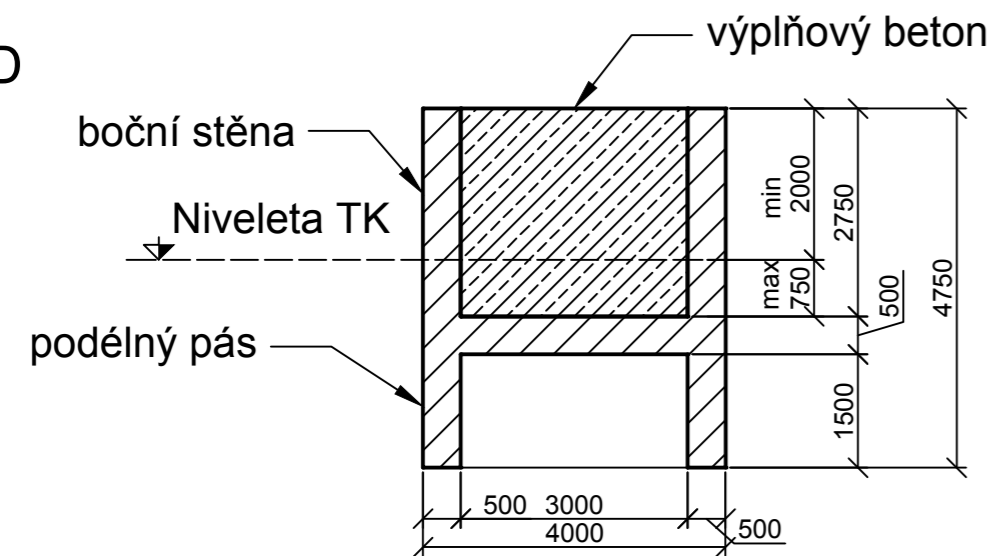
POHLED A
M 1:100



ŘEZ B-B
M 1:100



ŘEZ D-D
M 1:100



ŘEZ C-C
M 1:100

