



Spolufinancováno
Evropskou unií

Z NÁRODNÍ TECHNOLOGICKÁ PLATFORMA
Interoperabilita železniční infrastruktury
CZECH TECHNOLOGY PLATFORM
Interoperability of Railway Infrastructure

Projekt DIGRI - Antivibrační rohože

ČVUT, Fakulta stavební, Katedra železničních staveb

Autor: Ing. Leoš Horníček, Ph.D.

Datum: 29.5.2024

WORKSHOP ES ROZ

Charakteristika AVR

Antivibrační rohož (AVR):

- plošný prvek ve tvaru desky nebo pásu,
- vyrobený z přírodního nebo syntetického kaučuku,
- o tloušťce zpravidla 10–50 mm,
- s povrchem hladkým, rýhovaným nebo s výstupky.

Použití antivibračních rohoží

- Specifikováno v Příloze 28 předpisu SŽ S4 – Železniční spodek.
- AVR se v tělese železničního spodku používají při stavbě, rekonstrukcích a opravách tělesa železničního spodku.
- Hlavní funkcí AVR v konstrukci pražcového podloží je **snížení úrovně šíření vibrací** ze železničního provozu **do objektů v okolí železniční trati**, v nichž je stanovena přípustná úroveň vibrací. Jejich použití případně **zabraňuje vzniku strukturálního hluku** vznikajícího kmitáním tuhého podloží objektů.

Druhy antivibračních rohoží

Podle způsobu výroby se dělí na:

- AVR vyrobené z **přírodního syntetického kaučuku** pomocí vulkanizace, polymerace a jiné chemické reakce,
- AVR z **pryžového recyklátu** z vyřazených pneumatik stmelěného pojivem,
- **kompozitní AVR** vyrobené ze dvou nebo více komponentů, ze kterých je alespoň jeden elastomer pro redukci šíření vibrací.

Druhy antivibračních rohoží

Podle umístění v konstrukci pražcového podloží se dělí na:

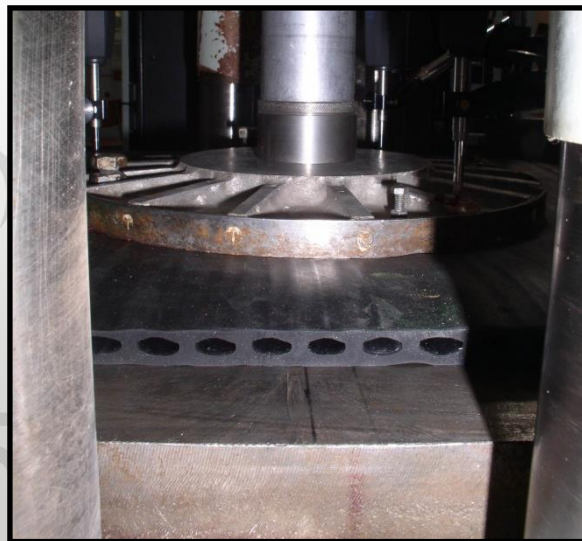
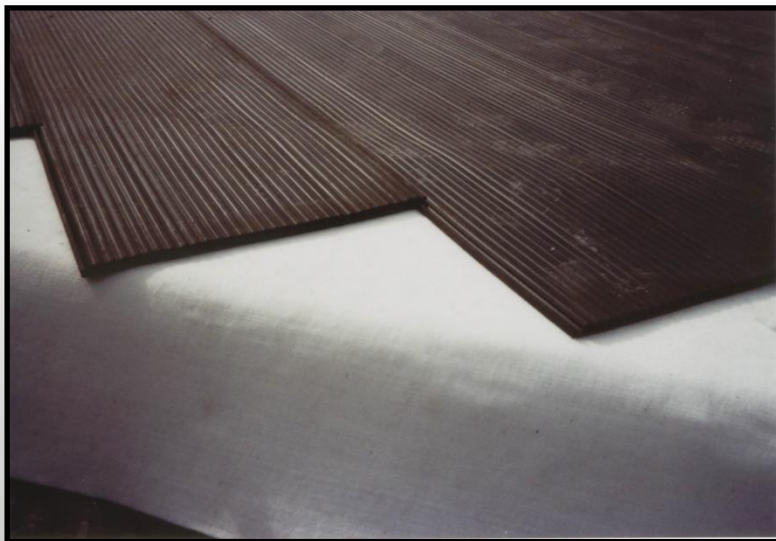
- **AVR podštěrkové** – leží na pláni tělesa železničního spodku nebo na stavbě železničního spodku a jejich povrch je v přímém kontaktu s kamenivem kolejového lože,
- **AVR do konstrukčních vrstev** – leží na zemní pláni nebo mezi konstrukčními vrstvami, jejich horní povrch je v kontaktu s materiálem konstrukční vrstvy,
- **AVR pro systém odpružené hmoty** – jsou umístěny mezi tuhými betonovými prvky.

Druhy antivibračních rohoží



AVR z primárních surovin

Antivibrační rohože jsou vyráběny z primárních surovin (např. přírodního nebo syntetického kaučuku pomocí vulkanizace).



AVR z pryžového recyklátu

Antivibrační rohože z pryžového recyklátu jsou vyráběny z pryžového kompozitu na bázi druhotných surovin a pojiva. Nejčastěji se využívá pryžového granulátu z vyřazených pneumatik.



Pravidla pro použití AVR

AVR se v konstrukci pražcového podloží ukládá **vždy v příčném sklonu:**

- je-li AVR uložena přímo pod kolejové lože, je pláň tělesa železničního spodku vždy ve sklonu 3-5 %.
- je-li AVR uložena pod konstrukční vrstvou, je sklon zemní pláně 5 %, v odůvodněných případech může být sklon zemní pláně 4 %.

Pravidla pro použití AVR

- Rozměry AVR musí při pokládání zajišťovat **co nejméně stykových míst**.
- AVR se **spojují** zpravidla **mechanickými tvarovanými zámky nebo** se spoje jednotlivých prvků **lepí**, případně překrývají krycími pásy.
- Při užití typu AVR s dutinami je třeba **chránit čela prvků před vnikáním vody**, nečistot a úlomků zrnitých materiálů **pomocí speciálních ukončovacích profilů**.
- **Kladení AVR pouze volně na sraz a kladení více vrstev AVR na sebe je nepřipustné.**

Spoje – mechanické zámky



Pravidla pro použití AVR

Šířka pruhu uložených AVR:

- na zemní pláni musí odpovídat jejich poloze v pražcovém podloží,
- je-li na AVR přímo uloženo kolejové lože, je šířka pruhu AVR min. 4,4 m,
- je-li na AVR uložena konstrukční vrstva, je šířka pruhu AVR min. 5,0 m.

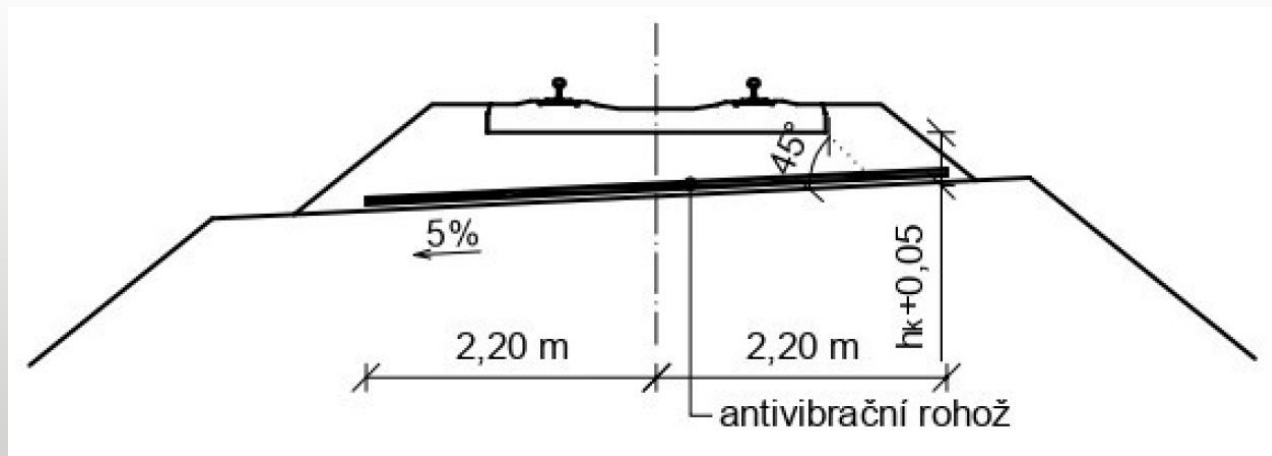
Minimální šířka pruhu AVR **v koleji s převýšením se** na straně s převýšeným pasem **zvětšuje** o hodnotu 0,50 m.

Odvodnění konstrukce s AVR

- Vložení AVR do konstrukce pražcového podloží **musí umožnit odvedení srážkové vody** z kolejového lože a konstrukční vrstvy.
- Je-li třeba ochránit zemní pláň před působením srážkové vody, je možné AVR kombinovat se zřízením nepropustného krytu zemní pláně (např. **vložením geomembrány**).
- AVR vyrobené z pryžového recyklátu je vhodné ukládat na **filtrační geotextilii** k zajištění **odvádění kondenzované vody** ze spodní plochy uložených AVR nebo vody pronikající netěsnými spárami mezi jednotlivými rohožemi.

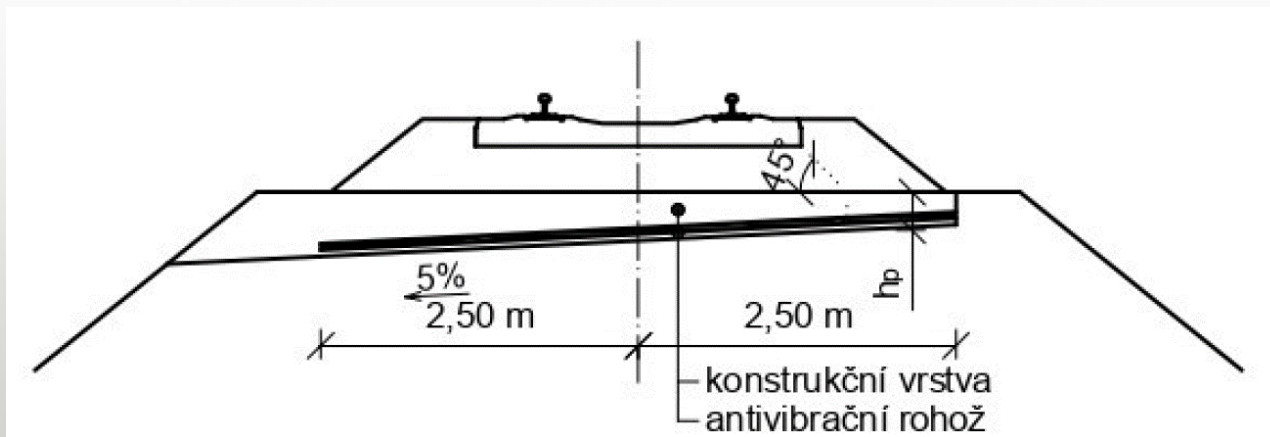
Pravidla pro použití AVR

Použití podšterkových antivibračních rohoží
na jednokolejně trati



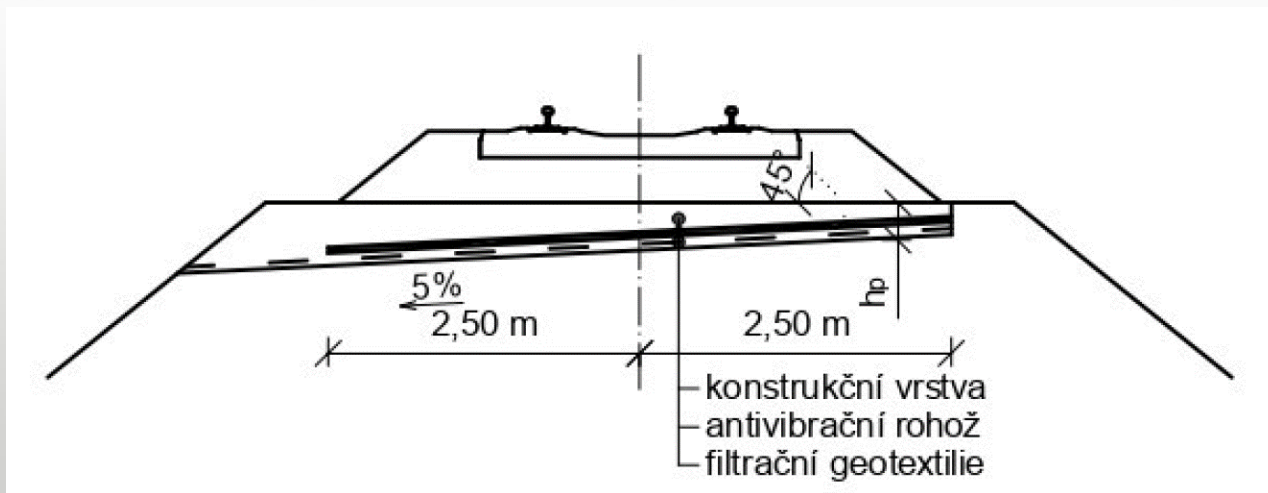
Pravidla pro použití AVR

Použití antivibračních rohoží na jednokolejné trati



Pravidla pro použití AVR

Použití antivibračních rohoží a filtrační geotextilie
na jednokolejně trati



Zásyp AVR zrnitým materiálem



Historie aplikace AVR v ČR

- **První použití v ČR bylo v roce 1996** v železniční zastávce Dobříň v souvislosti s modernizací dvoukolejné tratě Praha – Děčín. Celková délka úseku činí cca 650 m.
- Následně bylo v letech 2000-2007 zřízeno **5 zkušebních úseků** různých délek a typů AVR pro dlouhodobé provozní ověřování účinnosti.
- Katedra železničních staveb FSv ČVUT se tematice věnovala systematicky v letech 2005-2010 v rámci **výzkumného centra CIDEAS**.
- Zkušenosti byly uplatněny v **OTP SŽDC „Antivibrační rohože v tělese železničního spodku“** s účinností od 1.3.2008, novelizace k 1.3.2009.

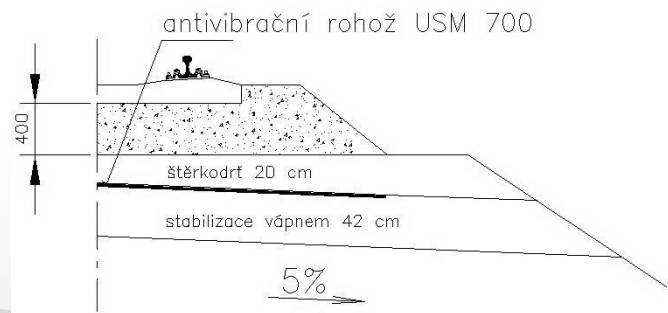
Zkušební úseky s AVR

Umístění zkušebního úseku	Délka zkušebního úseku [m]	Materiál antivibrační rohože	Výrobce
Horní Počaply	200	pryž. granulát	BOHEMIA ELAST a.s., ČR
Starý Kolín	350 – k.č. 1 300 – k.č. 2	pryž. granulát	Pragoelast s.r.o., ČR
Praha, mosty Bělehradská	62	primární pryž	Phoenix AG, Německo
Ústí nad Labem	300	pryž. granulát	Renogum – Nilos a.s., ČR
Kozolupy	507	pryž. granulát	Renogum – Nilos a.s., ČR

Odběr vzorků AVR z trati

Zkušební úsek	Založen	Materiál	Odběr vzorku
Horní Počaply	05/2000	pryžový recyklát	31.5.2006
Starý Kolín	07/2001	pryžový recyklát	22.5.2007
Praha – mosty Bělehradská	10/2001	primární pryž	24.8.2008
Ústí nad Labem	08/2006	pryžový recyklát	23.10.2008
Kozolupy	08/2007	pryžový recyklát	23.9.2008

Odběr vzorků AVR z trati





Obecné technické podmínky SŽ

Struktura OTP:

- **technické vlastnosti,**
- způsob prokazování a ověřování jakosti,
- kontrola kvality výroby,
- způsob objednávky a dávky,
- dokumentace výrobků,
- záruky a reklamace,
- ošetřování, označování, doprava, skladování a manipulace.

Obecné technické podmínky SŽ

Požadavky na materiálové vlastnosti AVR:

- objemová hmotnost ρ_a ,
- pevnost v tahu TS ,
- tažnost E_b ,
- tvrdost Shore,
- odolnost proti oleji,
- odolnost proti nízkým teplotám,
- odolnost proti pronikání vody,
- nasákavost vodou n ,
- požárně technické vlastnosti.

Obecné technické podmínky SŽ

Požadavky na pružnostní vlastnosti AVR:

- statický modul přetvárnosti E_{stat} ,
- rázový modul deformace M_{vd} ,
- statická plošná tuhost $C_{(A)stat}$,
- dynamická plošná tuhost $C_{(A)iHz}$,
- dynamický přírůstek tuhosti f_{iHz} ,
- odolnost proti cyklickému zatěžování $\Delta C_{(A)stat}$,
- odolnost proti cyklickému zmrazování a rozmrazování ΔC .

Statická plošná tuhost

- Antivibrační rohož se pro použití v konstrukci tělesa železničního spodku volí podle hodnoty statické plošné tuhosti $C_{(A)stat}$ a podle projektované traťové rychlosti.

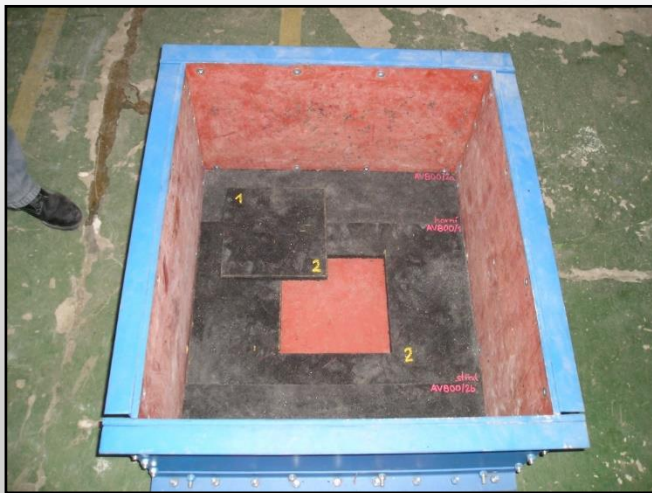
Projektovaná traťová rychlost V v km.h^{-1}	Statická plošná tuhost $C_{(A)stat}$ [N.mm^{-3}]
$V \leq 120$	$0,03 \leq C_{(A)stat} \leq 0,05$
$120 < V \leq 220$	$0,05 < C_{(A)stat} \leq 0,10$
$V > 220$	$0,10 < C_{(A)stat} \leq 0,15$

Dynamická plošná tuhost

- V podmínkách SŽ se dynamická plošná tuhost $C_{(A)iHz}$ stanovuje jako sečný modul v rozsahu napětí $0,02 \text{ N}\cdot\text{mm}^{-2}$ až $0,10 \text{ N}\cdot\text{mm}^{-2}$ pro frekvence 1 až 30 Hz.
- Zkušební těleso se zatěžuje **postupně s frekvencí 1, 5, 10, 20 a 30 Hz**. V každé frekvenci se provede nejméně 10 zatěžovacích cyklů.
- Mezi každou změnou frekvence zatěžování musí být zkušební těleso na dobu 3 minut odtíženo na hodnotu napětí $0,01 \text{ N}\cdot\text{mm}^{-2}$.

Odolnost proti cyklickému zatěžování

- tloušťka kolejového lože 0,35 m,
- zatížení **1 milion cyklů**,
- zatěžovací deskou o průměru 30 cm,
- zatěžovací silou $P_{\max} = 50 \text{ kN}$.





Nová evropská norma

- 13.10.2020 byla vydána evropská norma EN 17282:2020 Railway applications - Infrastructure - Under ballast mats, která byla aplikována do **ČSN EN 17282**
Železniční aplikace - Infrastruktura - Rohože pod šterkovým ložem s účinností od dubna 2021 (je v angličtině).



Nová evropská norma - zkoušky

Tests	Clause	Design approval tests	Routine tests
Dimensions and mass	6.3.1	Mandatory	Mandatory
Static and low frequency dynamic vertical bedding modulus determined with GBP	6.3.2	Mandatory for static, 5 and 10 Hz, optional for 20 Hz	Mandatory for static and 5 Hz at $(23 \pm 5)^{\circ}\text{C}$
Higher frequency dynamic vertical bedding modulus	6.3.3	Optional (but recommended if UBM is used for noise and vibration mitigation)	Not Applicable
Fatigue test with ballast	6.3.4	Mandatory	Not Applicable
Fatigue test with GBP	6.3.5	Optional (but recommended if UBM is used for noise and vibration mitigation)	Not Applicable
Compression set test	6.3.6	Optional	Not Applicable
Static horizontal bedding modulus	6.3.7	Optional	Not Applicable
Water resistance and freeze-thaw resistance	6.3.8	Optional	Not Applicable
Ageing test with high temperatures	6.3.9	Optional	Not Applicable
Resistance to chemical agents	6.3.10	Optional	Not Applicable
Resistance to hydrocarbon	6.3.10	Optional	Not Applicable
Resistance to ozone	6.3.10	Optional	Not Applicable
Resistance to fire	6.3.10	Optional	Not Applicable
Environment and end of life	6.3.11	Optional	Not Applicable

Výhledové aktivity

- Zapracování **ČSN EN 17282** do novelizace OTP AVR.
- Zpracování **metodického pokynu pro optimální volbu technických parametrů AVR** - dobrá volba parametrů rohože je zásadní pro účinné snížení negativních účinků vibrací.
- Zpracování **konstrukčních zásad pro použití AVR u tramvajových tratí.**

Děkuji za pozornost

Tento příspěvek vznikl v rámci projektu „**Digitální a zelená železniční infrastruktura**“ **DIGRI** financovaného Ministerstvem průmyslu a obchodu v OP Technologie a aplikace pro konkurenceschopnost.