

Odborná štúdia

Pružné prvky, ktoré ovplyvňujú celkové náklady na trať a znižujú vibrácie



» Vplyv podpodvalových podložiek na dlhodobú udržateľnosť trate

» Výpočet nákladov životného cyklu

» Izolácia vibrácií pomocou podpodvalových podložiek



getzner
engineering a quiet future

HYDROBETON
s.r.o.



Vplyv podpodvalových podložiek na dlhodobú udržateľnosť trate

Podpodvalovým podložkám (USP) sa pripisuje pozitívny dopad na zníženie vibrácií a na správanie sa trate uloženej v štrkovom koľajovom lôžku.

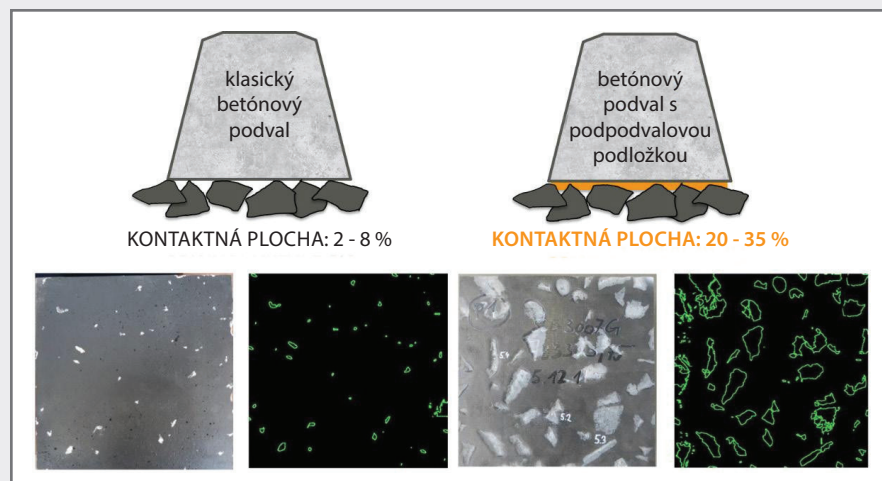
Z hľadiska správania sa trate, by sme si mali položiť nasledujúcu otázku: Prečo je potrebné ďalšie zlepšovanie betónových podvalov? Zavedenie betónových podvalov do praxe prinieslo tratiam lepšiu konštrukčnú a geometrickú stabilitu, zvýšenie priečneho odporu koľajového roštu a zníženie nárokov na údržbu trate. Železničný rýchlostný rekord 331 km/h dosiahnutý v roku 1955 na trati medzi francúzskymi mestami Bordeaux a Dax zničil trať s drevenými podvalmi. Malo to dve hlavné príčiny: nízky priečny odpor koľajového roštu kvôli ľahkému zvršku a manuálna údržba, ktorá neumožňovala dosiahnuť stálu kvalitu trate, a to ani pri pokládke koľajového roštu, ani pri jeho údržbe.

Už dávno predtým, než sa začali používať podpodvalové podložky, sa spomenuté problémy stability zvršku začali riešiť pomocou mechanizovanej obnovy a údržby tratí, ťažším zvrškom s betónovými podvalmi a so 60 kg koľajnicou. Svetový rekord 574,8 km/h, ktorý bol dosiahnutý v roku 2007, nezanechal škody a trať mohla byť odovzdaná do bežnej prevádzky bez následnej potreby opráv. Betónové podvaly sú v porovnaní s drevenými lacnejšie

a dosahujú vyššiu prevádzkovú životnosť. Mohla sa tak zvyšovať nielen traťová rýchlosť a záťaž, ale vďaka betónovým podvalom došlo aj k zníženiu nákladov na životný cyklus železničného zvršku. Napriek týmto pozitívam betónové podvaly vykazovali jednu dôležitú nevýhodu oproti dreveným: kontaktná plocha medzi kamenivom koľajového lôžka a podvalom je veľmi malá. Pomocou odtlačkov v čiernej papierovej lepenke osadenej medzi podval a kamenivo sa podarilo jednoducho identifikovať veľkosť kontaktnej plochy. Kamenivo používané v Rakúsku má maximálnu veľkosť 63 mm. Použitie dynamického stabilizátora tratí (DGS) ukázalo významné rozdiely vo výsledkoch, ako je uvedené na **obrázku č. 1**.

Na jednej strane výsledky ukazujú efektívnu stabilizáciu trate, na strane druhej evidentne vysokú

mieru poškodzovania kameniva pod betónovými podvalmi. Na kontaktnej ploche dvoch tvrdých materiálov vzniká len niekoľko malých styčných bodov, ktoré sú enormne namáhané, namiesto toho, aby sa sily rozložili na čo najväčšiu plochu podporujúcu podval. Rohy a hrany kameniva rýchlo praskajú, čo spôsobuje nerovnomerné počiatočné sadanie. Ako sa rozloženie síl medzi susednými podvalmi mení, podvaly sadajú každý inak, čo spôsobuje prvotné chyby. Úmerne k zníženej počiatočnej kvalite sa zvyšuje rýchlosť degradácie geometrickej polohy koľaje. Pre zhrnutie: čím je kontaktná plocha väčšia, tým je menšie prvotné sadanie a zároveň menšie odchýlky geometrickej polohy koľaje; čím je vyššia kontaktná plocha medzi podvalom a kamenivom, tým je vyššia počiatočná kvalita trate. Tieto výsledky boli z technického hľadiska veľmi sľubné. Inštalácia podpodvalových podložiek však



Obr. č. 1: Kontaktná plocha medzi podvalom a kamenivom

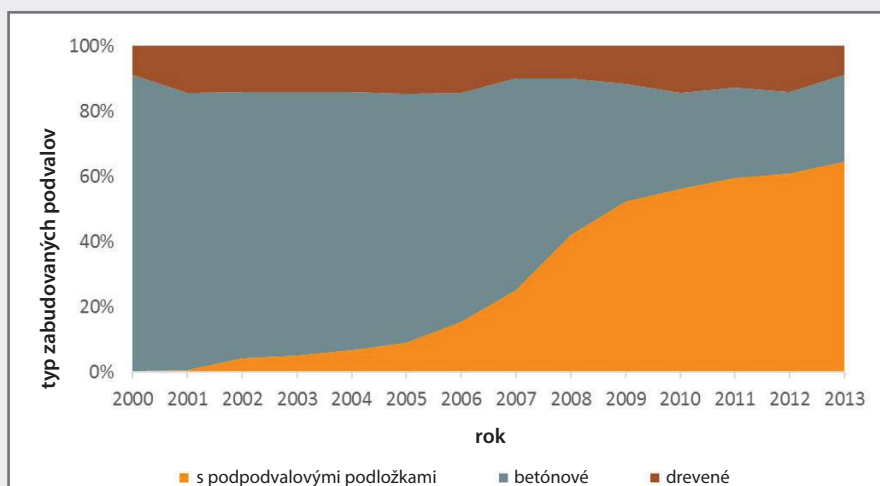
môže vyvolať dodatočné investičné náklady. Aby bolo možné analyzovať efektívnosť týchto dodatočných investícií, musia sa analyzovať technické vplyvy (vývoj kvality trate) počas celej doby životnosti koľaje (náklady na životný cyklus). Až pohľad v rozsahu celkovej životnosti umožňuje reálne predvídať ekonomickú efektívnosť pre rôzne typy tratí. Pochopenie modelu predpokladaného správania sa trate je základom správnej prognózy pre výpočet nákladov životného cyklu. Technická univerzita v Grazi v spolupráci s rakúskymi železnicami ÖBB uskutočnila rozsiahly výskum, zameraný na analýzu správania sa trate.

Všetky tu uvedené výsledky sú podložené spracovaním rozsiahlych dát ÖBB. Testovanie podpodvalových podložiek sa začalo koncom 90-tych rokov a v reálnej prevádzke sa používajú už viac ako 20 rokov.

Výsledky testov a analýzy zmien správania sa tratí viedli k zavedeniu používania podpodvalových podložiek v celej sieti ÖBB. Príslušné predpisy sú v platnosti od roku 2007. **Obrázok č. 2** graficky zobrazuje priebeh vývoja pomerného zastúpenia betónových podvalov s podpodvalovými podložkami na tratiach ÖBB v priebehu času. V prevádzke sú naďalej aj niektoré úseky s drevenými podvalmi, ako napríklad oblúky malých polomerov, vlečky a odbočky. Betónové podvaly bez podložiek sa zabudovávajú najmä v prípadoch, kedy dochádza len k výmene niekoľkých kusov podvalov, alebo pri obnove krátkych úsekov tratí. Z dôvodu homogenity a ustálených vlastností trate sa nepoužívajú riešenia, kde by na krátkej vzdialenosti dochádzalo k príliš častému striedaniu úsekov s podpodvalovými podložkami a bez nich.

Vlastnosti trate sa vyhodnocujú na základe analýz záznamu komplexných diagnostických údajov o koľaji zozbieraných v časových sekvenciách. Do roku 2017 bolo až 60 000 úsekov s podpodvalovými podložkami porovnaných voči úsekom bez podpodvalových podložiek. Z výsledkov je zrejmé, že odchýlka geometrických parametrov koľaje sa aj s ohľadom na údržbu trate a podbíjanie znížila o polovicu. To bolo dosiahnuté najmä vďaka zväčšeniu kontaktnej plochy medzi podvalom a štrkovým koľajovým lôžkom. Merania na trati i v laboratóriu potvrdili, že s použitím podpodvalových podložiek je kontaktná plocha medzi podvalom a kamenivom až trojnásobne väčšia, čo významne redukuje napätie v koľajovom lôžku. To všetko ďalej pozitívne vplyva aj na cyklus údržby, pomáha znížiť opotrebenie železničného spodku a predlžuje prevádzkovú životnosť trate. Podpodvalovými podložkami sú v Rakúsku vybavené aj stovky výhybiek.

Na základe analýz vlastností tratí sa uskutočnilo vyhodnotenie nákladov životného cyklu trate, pričom sa zohľadnili vyššie opísané vplyvy na kvalitu a vlastnosti tratí.



Obr. č. 2: Zavedenie podpodvalových podložiek v ÖBB



Priebeh kvality tratí

Pri opisovaní priebehu kvality tratí sa musí prihliadať na rôzne vlastnosti, ako sú objem prepravy, typ zvršku, kvalita a stav všetkých komponentov zvršku, geometrická poloha koľaje, kvalita koľajového kameniva, kvalita podkladovej vrstvy ako aj na kvalitu železničného spodku, funkčnosť drenážnych systémov, polohu staníc, mostov či výhybiek. Za týmto účelom bolo zriadené dátové úložisko v ktorom sa zhromažďujú údaje z meracích vozňov (počiatočný stav, súčasný stav a čísla kvality), typ a vek zvršku a spodku a objem prepravy. Na základe dát zozbieraných na hlavných ťahoch ÖBB bola vypracovaná štúdia, ktorá zahŕňa priebeh za posledných 17 rokov (obrázok č. 3)

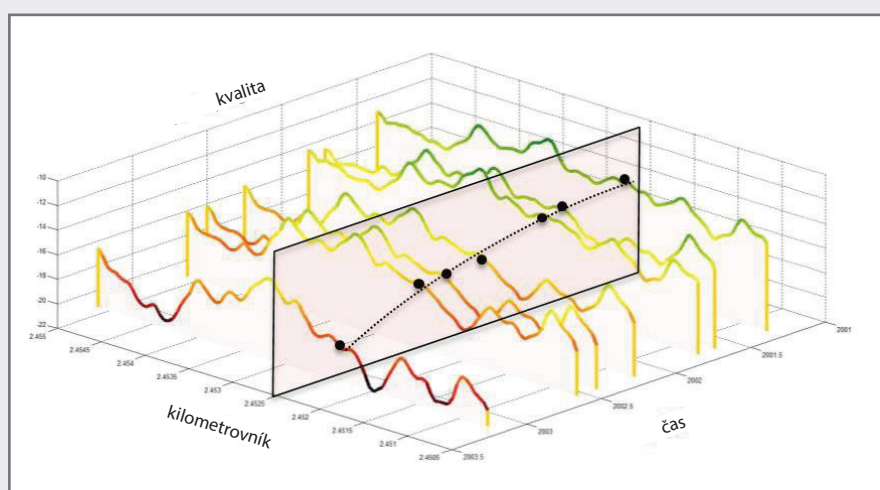
Štruktúrované dáta umožňujú porovnať veľké množstvo úsekov s rôznymi typmi železničného zvršku podľa presne vymedzených podmienok. Súbor dát pokrýva celkovo až 4000 km tratí so vzorkovacím intervalom 5 metrov, čo pre účely porovnávania poskytuje veľké množstvo porovnateľných úsekov. To umožňuje identifikovať vplyv počiatočnej kvality, ako aj vypočítať mieru špecifickej odchýlky pre určený súbor hraničných podmienok a rozdielnych typov železničného zvršku.

Výsledky sú veľmi sľubné, pretože koľajové kamenivo je identifikované ako prvok, ktorý limituje ekonomickú

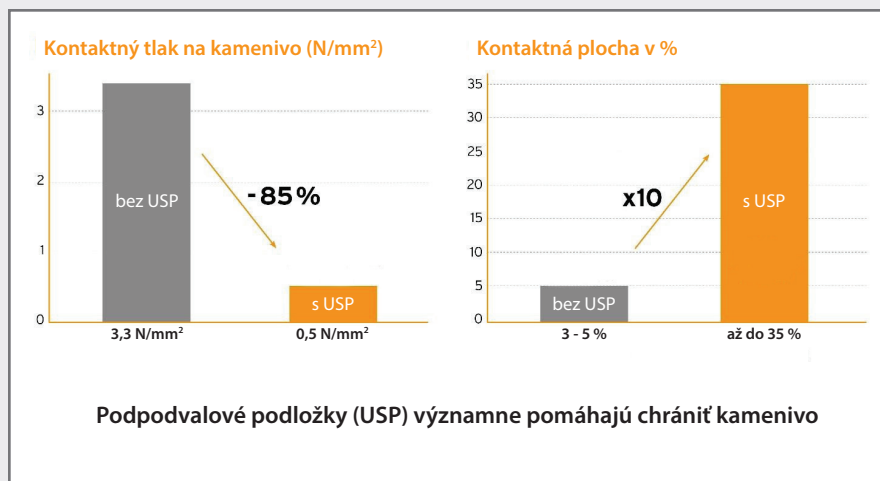
prevádzkovú životnosť trate. Toto vyzdvihuje očakávania vkladané do podpodvalových podložiek, keďže napätie v koľajovom lôžku je redukované z dôvodu zvýšenia kontaktnej plochy medzi podvalom a kamenivom (obrázok 3a).

Výpočet nákladov životného cyklu

Posudzovanie nákladov na životný cyklus (LCC) je proces zostavovania nákladov na projekt počas celej jeho doby životnosti. Z hľadiska prípravy projektu sa náklady na životný cyklus zvažujú v rôznych alternatívach. Pre správne porovnanie sa každá z alternatív musí zakladať na rovnakej úrovni dosiahnutého úžitku a poskytnutých službách. Metodika výpočtu celkových nákladov na životný cyklus



Obr. č. 3: Analýza priebehu kvality trate



Obr. č. 3a: Redukcia napätia v koľajovom lôžku pri použití podpodvalových podložiek

zohľadňuje počiatočné investície do projektu, náklady na prefinancovanie a stavbu, náklady na údržbu, hodnotu druhotných surovín po vyradení a náklady na likvidáciu. Pre každú alternatívu sú všetky tieto náklady zosumarizované. Pomocou inflačnej kalkulačky sa následne porovná reálna hodnota cien v rôznych rokoch voči súčasnej hodnote peňazí. Inžinierske oddelenia majú zvyčajne problém presvedčiť manažment o tom, aby boli akceptované vyššie počiatočné náklady s cieľom ušetriť na údržbe alebo predĺžiť životnosť. Kalkulácia nákladov životného cyklu názorne demonštruje štruktúru celkových výdavkov a môže pomôcť pri diskusii s manažmentom.

Existujú však aj iné rozhodovacie faktory, ktoré je potrebné zohľadniť: riziko, budúca dostupnosť, najvhodnejšie postupy údržby či otázky životného prostredia. Niektoré z faktorov môžu byť pre určitý projekt jedinečné, alebo môžu spôsobiť nárast nákladov v budúcnosti. Keďže LCC sa zaoberá len tými rozhodovacími faktormi, ktoré možno vyjadriť finančne, dôležitou položkou sa stáva opis nákladov na zníženú dostupnosť a prevádzkové prekážky (výluky). Aplikácia techník LCC poskytuje manažmentu lepšiu informovanosť o faktoroch, ktoré spôsobujú náklady. Podrobná analýza výstavby a priebežnej údržby sú podrobne popísané tak, aby boli tvorcom LCC zrejmejšie. Je dôležité, aby boli

nákladové faktory identifikované čo najúplnejšie, aby koneční rozhodovatelia mohli urobiť rozhodnutie na základe čo najväčšieho množstva informácií.

V oblasti železničnej infraštruktúry sú obzvlášť užitočné dve vlastnosti železničného zvršku: extrémne dlhá prevádzková životnosť a silná väzba medzi počiatočnou kvalitou a potrebou údržby. Od investície sa odvíja počiatočná kvalita trate zatiaľ čo od údržby bude závisieť kvalita trate v budúcnosti. Investičná aj údržbová stratégia sa musí posudzovať spoločne ako celok. Ak by sme sa zamerali len na jednu z týchto dvoch stratégií, dochádzalo by k menej ako optimálnemu rozhodovaniu.

Z pohľadu dlhodobého majetku je ťažké predpovedať celkové náklady na životný cyklus, nakoľko v súvislosti s komponentami a produktivitou údržby existuje určitý predpoklad neočakávaných zmien. Navyiac, analýzy LCC sa obyčajne zameriavajú na faktory a kategórie nákladov, ktoré sú najviac ovplyvňované skúmanými alternatívami. Z toho dôvodu hodnoty LCC získané z výsledkov štúdií nemusia byť zaručene správne, alebo vhodné pre rozhodovací proces.

Omnoho lepšie je porovnať rôzne možnosti sledovaním rozdielov v nákladoch na životný cyklus. Takéto rozdiely môžu mať priamu väzbu

na očakávané vlastnosti, ktoré sa podľa použitého variantu budú líšiť. Najlepšia voľba bude tá, pri ktorej bude úspora celkových nákladov na životný cyklus vyššia ako v základnom prípade. Poznamenávame, že LCC je vyjadrená anuitne (to znamená ako ekvivalent ročných nákladov počas celej doby životnosti projektu). Analýzy citlivosti sa vo všeobecnosti vykonávajú ako súčasť hodnotenia nákladov životného cyklu na pripojenie kritických hodnôt pre citlivé vstupné údaje. Diskontné sadzby závisia od životnosti vypočítaného projektu. Sadzby diskontovania maximálne 5% netto sa vo všeobecnosti používajú na životnosť projektu 30 a viac rokov.

Jedným z najdôležitejších výstupných údajov pri posudzovaní LCC je doba životnosti. Hoci doba životnosti nie je fixne danou hodnotou, je významne ovplyvnená počiatočnou kvalitou a vykonanou údržbou.

Ďalej je nutné rozlišovať technickú a ekonomickú životnosť. Technickú životnosť je možné predlžovať nákladnou údržbou, akou je napríklad výmena jednotlivých podvalov, alebo obmedzenie prevádzkovej rýchlosti či nápravových tlakov. Toto však nemusí byť cieľom, keďže to vedie k vysokým nákladom a k nízkemu výkonu. Ekonomická životnosť je časový úsek vyjadrený anuitne, v ročných nákladoch. Ekonomická životnosť sa



Výsledky porovnávania

dosiahne vtedy, keď je dodatočná údržba potrebná na predĺženie životnosti nákladnejšia, ako zníženie odpisov v dôsledku predĺženej životnosti.

Je možné matematicky dokázať, že pomer intervalov údržby je nepriamo úmerný pomeru opotrebovania. Inými slovami to znamená, že polovičná miera opotrebovania vedie k dvojnásobnému intervalu pre podbíjanie a poukazuje na dôležitosť rýchlosti opotrebovania. Výskum ďalej ukázal, že navýšenie cyklov údržby na zabezpečenie vysokej kvality vedie k pozoruhodnému zvýšeniu životnosti. Ak je však úroveň údržby znížená, vedie to k zlej kvalite a životnosť sa skrúti. Tieto vplyvy znázorňujú obrovský význam kvality koľaje, a to počiatocnú kvalitu a mieru opotrebovania, životnosť, potrebu údržby a tým aj náklady na životnosť trate.

Výsledky porovnávania štandardných tratí a tratí s podpodvalovými podložkami

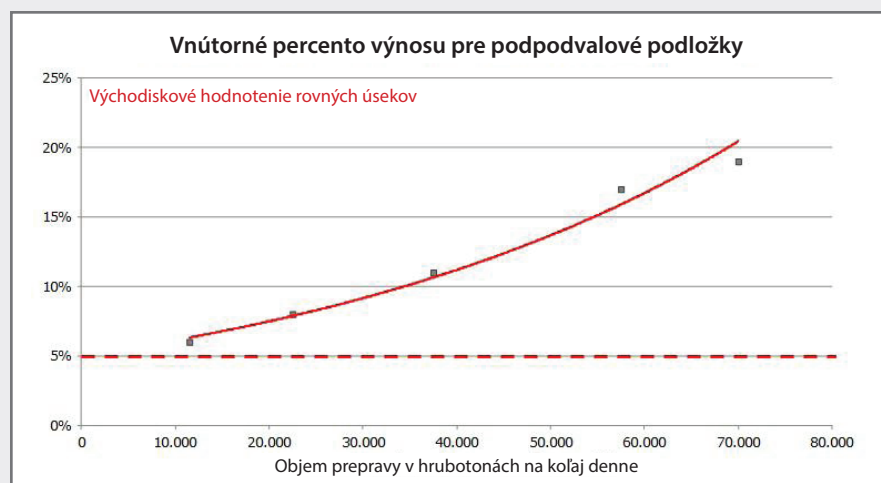
Keďže sa miera opotrebovania značne líši v dôsledku rôznych okrajových podmienok, porovnanie trate s podvalovými podložkami a trate bez nich si vyžaduje porovnanie takých dvoch zvrškov trate, na ktorých sú rovnaké okrajové podmienky. Pružné podložky pod betónové podvaly sa v celej Európe skúmajú už dlhú dobu. Z výsledkov skúšok je zrejmé, že opotrebovanie trate sa výrazne zníži v dôsledku použitia podpodvalových podložiek (**obrázok 3**). Všeobecné výsledky ukázali, že:

- počiatocná kvalita vzrástla o 18 %
- cyklus podbíjania bolo možné bez straty kvality predĺžiť o dvojnásobok až trojnásobok
- prevádzková životnosť sa zvýšila o viac ako tretinu

Počiatocná kvalita tratí s podpodvalovými podložkami je

lepšia než kvalita pri štandardných tratiach keďže počiatocné sadanie lôžka je znížené, čo redukuje aj absolútnu odchýlku a automaticky znižuje aj počiatocnú chybovosť.

Tieto dáta tvoria vstupné údaje pre výpočet ekonomickej efektívnosti podpodvalových podložiek. Výpočet vychádza z rakúskych údajov o nákladoch. Dodatočné náklady na podpodvalové podložky tvoria 30 % nákladov na podvaly, vrátane ceny upevnení koľajníc. Aby sa výsledky nespájali so špecifickými nákladmi, vykonali sa početné analýzy v rôznych úrovniach citlivosti. Tie priniesli rôzne varianty údajov o nákladoch. Ekonomické vyhodnotenie poukazuje na to, že takéto zníženie vedie k enormným úsporám z pohľadu celkových nákladov na životný cyklus a poukazuje na opodstatnenie relatívne nízkych dodatočných investičných nákladov. Úspory sú o to vyššie, o čo



Obr. č. 4: Vnútné percento výnosu pri dodatočnej investícii do podpodvalových podložiek

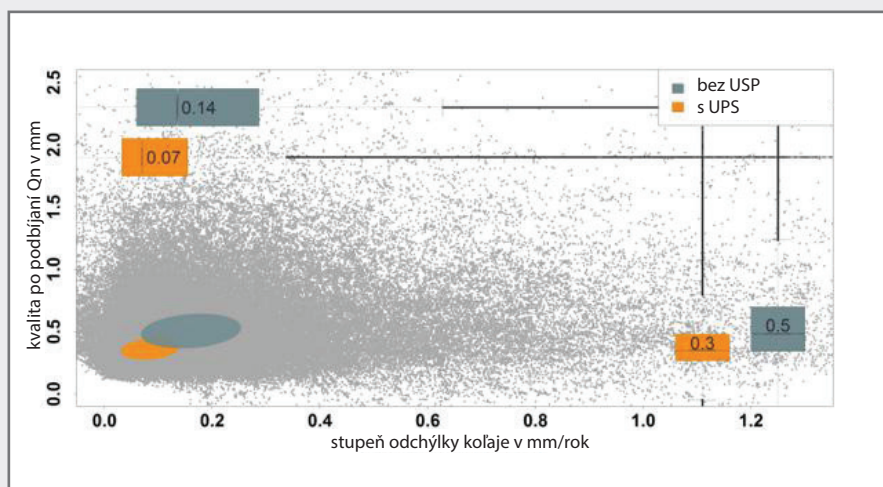
vyššie je prevádzkové zaťaženie tratí (obrázok č. 4). Z týchto dôvodov rakúske železnice ÖBB začali štandardne používať betónové podvaly s podpodvalovými podložkami prioritne na tratiach s veľkým objemom prepravy (viac ako 30 000 hruboton na koľaj denne), v oblúkoch malých polomerov (polomer menej ako 600 m), na vysokorýchlostných tratiach (viac ako 160 km/h) a vo výhybkách.

V letáku UIC boli publikované výsledky aj pre ďalšie hraničné podmienky (napríklad trate v oblúku). Diskutované v ňom sú výsledky založené na vzájomnom porovnaní 60 000 úsekov tratí týkajúce sa počiatočnej kvality, kvality po podbíjaní a očakávanej doby životnosti. Obrázok č. 5 znázorňuje typické správanie sa kvality koľaje na úseku s prevádzkovým zaťažením 54 000 hruboton na koľaj denne.

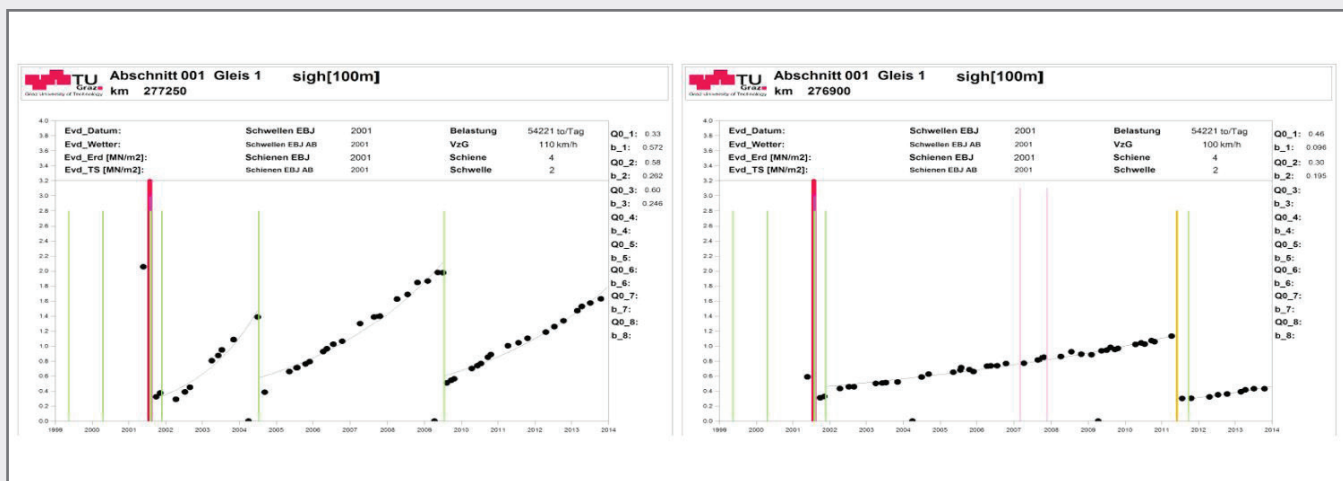
Na obrázku vľavo je štandardná trať na štrkovom lôžku s koľajnicami 60E1 na bežných betónových podvaloch, na pravej strane je rovnaká trať ale s použitím podpodvalových podložiek. Zvislá červená čiara zobrazuje čas obnovy, zelená čiara zobrazuje vykonané podbíjanie.

Jedná sa však len o výsledky na jednom úseku. Preto obrázok č. 6

zobrazuje kvalitu po podbíjaní a opotrebovanie na všetkých kontrolovaných úsekoch. Rýchlosť poklesu kvality sa znížila z 0,14 na 0,07 tak, ako sa očakávalo podľa teoretických výpočtov. Štandardná odchýlka kvality po podbíjaní sa znížila z 0,5 mm na 0,3 mm. Keďže sa jedná o analýzu rakúskych dát, všetky úseky boli po podbíjaní dynamicky stabilizované.



Obr. č. 6: Vplyv podpodvalových podložiek na kvalitu a odchýlku koľaje



Obr. č. 5: Správanie sa kvality koľaje, vľavo bez podložiek a vpravo s podpodvalovými podložkami



Izolácia vibrácií pomocou podpodvalových podložiek

Tieto výsledky podčiarkujú technickú a následne aj ekonomickú efektívnosť podpodvalových podložiek.

Obrázok č. 7 sumarizuje charakteristiky drevených podvalov, betónových podvalov a betónových podvalov s podpodvalovými podložkami. Odolnosť betónových podvalov sa nemení. V dôsledku toho, že sa kamenivo môže zaboriť do podpodvalovej podložky sa zvýšila priečna stabilita koľajového roštu. Keďže kritický prvok železničného zvršku - koľajové lôžko - čelí menšej záťaži, zvýšila sa trvácnosť koľaje.

Betónové podvaly sú v Rakúsku najlacnejšie z dostupných investícií, cena za betónové podvaly s podpodvalovými podložkami sa zhoduje s cenou drevených podvalov. Hoci sa náklady na obnovu trate zvýšia o 5 %, doba prevádzkovej životnosti môže narásť až o tretinu a zároveň sa môže až o 50 % redukovať údržba (priemerné hodnoty pre zvršok na dobrom podloží so správnym drenážnym systémom). Výsledkom týchto faktov je zníženie celkových nákladov na životný cyklus v priemere až o jednu tretinu.

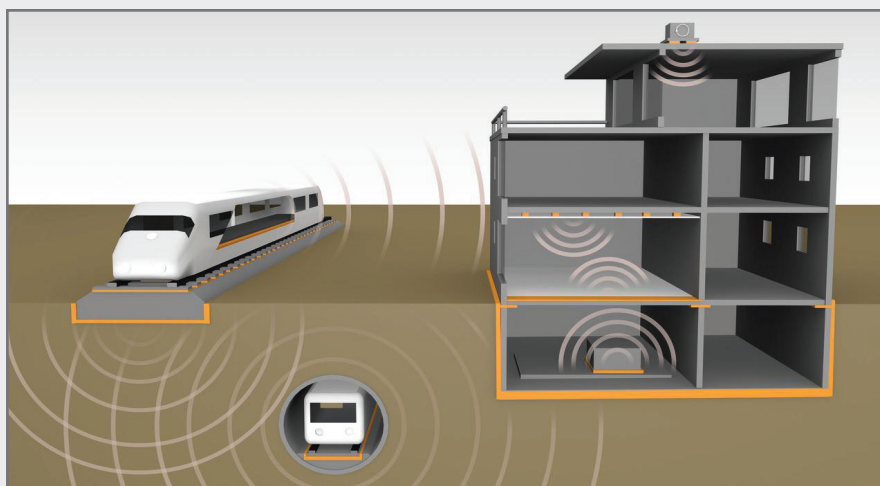
Podpodvalové podložky pomáhajú redukovať nielen náklady na údržbu, ako už bolo spomenuté vyššie, ale sú aj hospodárnym a účinným riešením na zníženie vibrácií a sekundárneho hluku šíreného do prostredia v okolí klasického železničného zvršku (pozri **obrázok č. 8**). Vysoko pružné podložky ponúkajú jednoduchú metódu na redukovanie vibrácií na železničných tratiach a sú v porovnaní s rohožami pod koľajové lôžko nákladovo efektívnejšie. Treba dodať, že vykazujú všetky pozitívne vlastnosti elastoplastických podpodvalových podložiek, ako je zväčšenie

kontaktné plochy a teda aj zníženie nákladov na životný cyklus.

Oproti rohožiam pod koľajové lôžko je veľkou výhodou podpodvalových podložiek to, že dodatočná montáž je oveľa jednoduchšia, keďže výmenu podvalov je možné vykonávať jeden po druhom. Inštalácia rohoží pod koľajové lôžko do existujúcej trate by bola oveľa komplexnejšia a nákladnejšia operácia. Rohože pod koľajové lôžko majú samozrejme vyššiu účinnosť pri útlme vibrácií, plne izolujú železničný zvršok, majú väčší objem a nižšiu tuhosť elastickej

vlastnosť koľaje	drevené	klasické	s USP
trvácnosť podvalu	-	+	+
bočný odpor	-	+	++
kontaktná plocha	+	-	++
trvácnosť koľaje	-	+	++
investícia	+	++	+
odolnosť výhybiek	premenlivá	premenlivá	konštantná

Obr. č. 7: Tabuľka - porovnanie charakteristiky podvalov na štrkovom lôžku



Obr. č. 8: Šírenie vibrácií a štruktúrneho hluku do prostredia v okolí železničnej trate

vrstvy. Rozhodovanie medzi pod-
podvalovými podložkami a rohožami
pod koľajové lôžko je kompromisom
medzi celkovými nákladmi (výrobok
plus inštalácia) a účinnosťou útlmu
a musí byť realizované na základe
špecifických okrajových podmienok
projektu.

Elastické podpodvalové podložky
s vibračno-izolačnými vlastnosťami sú
veľmi účinným opatrením na zníženie
sekundárneho hluku šíreného
vzduchom. Emisie vibrácií a hluku zo
železničnej trate sú tiež významne
závislé od kvality železničného zvršku,
čím je zvršok rovnomernejší, tým nižšie
sú emisie. Okrem toho, fyzikálny princíp
izolácie vibrácií zohráva významnú úlohu
pri znižovaní emisií. Účinnosť riešenia
na izoláciu vibrácií závisí od faktorov,
ako je celková hmotnosť, tuhosť a tlmenie
systému. Vložením elastického
prvku, akým podpodvalové podložky
sú, sa vytvorí oscilačný systém.

V najlepšom prípade je vlastná
frekvencia systému oveľa nižšia
ako spektrum budiacich frekvencií,
ktoré by mali byť izolované. Toto je
založené na princípe jednoduchého
oscilátora s jedným stupňom voľnosti
pozostávajúceho z jednej hmoty
a jednej pružiny. Dynamická tuhosť
použitej podpodvalovej podložky
musí byť prispôbená špecifickému
použitiu a obmedzeniam projektu.
Iba v prípade, že je technické riešenie
starostlivo navrhnuté, budú môcť
podpodvalové podložky v plnej miere
izolovať vibrácie.

Izolácia vibrácií pomocou podpodvalových podložiek - overenie

Účinnosť tlmenia vibrácií jednotlivých
elastických prvkov v zabudovanom
stave sa všeobecne kvantifikuje
vloženým útlmom. Vložený útlm
popisuje relatívnu účinnosť tlmiaceho
riešenia v porovnaní s referenčnou
situáciou, odpovedá na otázku ako sa
jednotlivé tretinooktávové pásma
vibrácií zmenia po zabudovaní pod-
podvalových podložiek (**obrázok č. 9**).
Na umožnenie porovnania vloženého
útlmu by sa mal dodržiavať princíp
rovnakých podmienok "ceteris pari-
bus": vlak, rýchlosť, drsnosť koľajnice
a ďalšie parametre by mali byť v ideál-
nom prípade presne rovnaké, alebo
aspoň veľmi podobné.

V závislosti od maximálneho prípust-
ného priehybu koľajnice dosahujú
podvaly s podložkami vložený útlm
rádovo 10 dB(v) až 15 dB(v) (pri
63 Hz). Zníženie o 10 dB(v) sa rovná
69 % výkonu izolácie (redukcii)!
Vzduchom šírený hluk vzniká dôsled-
kom emisií zvukov z konštrukcie,
ktorá bola stimulovaná k vibrácii,
napríklad prechádzajúcou vlakovou
súpravou. Toto sa špecificky týka
kovových konštrukcií, akými sú
oceľové mosty a viadukty.

Merania na trati zodpovedajú teore-
tickým výpočtom založeným na
modeli impedancie. Nedávno bola
železničná trať v Poľsku hodnotená



Obr. č. 9: Vložený útlm konštrukcie pri použití podpodvalových podložiek, merania v Krakove, PL.



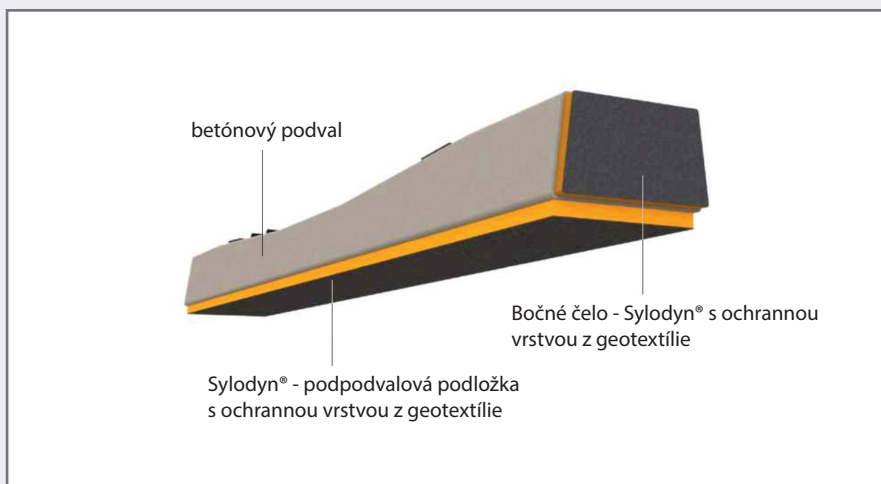
Prípadová štúdia - metro Londýn

odborníkmi z Vroclavskej technickej univerzity a odborníkmi z oddelenia výskumu a vývoja Getzner Werkstoffe. Dominantné tretinooktávové pásmo prechádzajúcich vlakov možno vo všeobecnosti nájsť na frekvencii 63 Hz. Výsledkom použitia podpodvalových podložiek Sylomer® bol vložný útlm 11,6 dB (v), čo sa rovná priemernej redukcii vibrácií 74 % a v porovnaní s traťou bez akýchkoľvek elastických prvkov, sa účinok prejavil už pri frekvenciách presahujúcich 31,5 Hz. V rozsahu vlastnej frekvencie bolo možné pozorovať len veľmi malé zosilnenie vplyvom rezonancie. Tieto výskumy, najmä v príslušnom frekvenčnom rozsahu 63 Hz, demonštrujú základnú vhodnosť podpodvalových podložiek pri izolovaní vibrácií a znižovaní sekundárneho hluku v prostredí.

Trať londýnskeho metra (London Underground District Line) bola medzi stanicami Paddington a High Street Kensington kompletne zrenovovaná. Každoročne túto linku využíva približne 173 miliónov cestujúcich. Začiatkom júla 2011 sa na tejto veľmi zaťažovanej trati, ktorá je súčasťou "Circle Line", spustila modernizácia. Vymenilo sa štrkové koľajové lôžko a inštalovali sa úplne nové koľajnice na moderné betónové podvaly s podpodvalovými podložkami od Getzner Werkstoffe. Podpodvalové podložky chránia železničný zvršok a znížili úroveň vibrácií spôsobených prevádzkou podzemných súprav.

Opatrenia majú pozitívny vplyv aj na početnú bytovú zástavbu v okolí linky, úroveň vibrácií bola potlačená a o poznanie sa zvýšila kvalita života v jej okolí.

Vybavenie tohto úseku trate elastickým uložením je prvá významnejšia inštalácia podpodvalových podložiek v londýnskom metre. Požiadavky na ochranu proti vibráciám si vyžadovali nasadenie celoplošných podpodvalových podložiek Sylodyn®, ktoré efektívne minimalizujú vibrácie. Podložky pod betónové podvaly boli dodávané priamo do betonárne CEMEX a taktiež časť podložiek aj priamo londýnskemu metru "London Underground". Obnovená časť "District Line" prechádza veľmi úzkymi tunelmi, čo znamená, že je len veľmi malý, resp. žiadny priestor medzi podvalmi a drenážnymi kanálmi, ktoré ležia v tesnej blízkosti stien tunela. Osobitnou výzvou v tomto prípade bolo zabránenie zvýšeniu úrovne prenosu zvuku cez steny tunela. Elastické podložky Sylodyn® boli prvýkrát umiestnené nielen na spodnej časti podvalov, ale aj na čelách podvalov (pozri **obrázok 10**), čím sa znižuje prenos hluku a vibrácií cez stenu tunela.



10 Obr. č. 10: Betónový podval s podpodvalovou podložkou a pružným bočným čelom (vľavo: 3D vizualizácia, vpravo: detail vyrobených podvalov).

Približne 7000 podložiek pre betónové podvaly a asi 1000 podložiek pre drevené podvaly bolo použitých na trati dlhej približne 2,5 km. CEMEX osadil elastické podložky priamo počas výroby betónových podvalov a Londýnske metro osadilo podložky pod drevené podvaly.

Merania štruktúrneho hluku po inštalácii potvrdili efektivitu navrhnutého riešenia ochrany proti vibráciám. „Na mnohých susediacich nehnuteľnostiach sa podarilo dosiahnuť výrazné zníženie zemných vibrácií. Niektorí dlhodobí obyvatelia žijúci pri trati dokonca písomne poďakovali za to, že im bol poskytnutý väčší pokoj a klud“. Okrem toho, podložky dodané spoločnosťou Getzner nevyžadovali žiadne zmeny v stavebnom postupe, metodike alebo vybavení na obnovu trate. „Celkovo bolo použitie podpodvalových podložiek Getzner na tomto projekte veľkým úspechom,“ uviedol Mike Barlow, hlavný projektový inžinier z londýnskeho metra.

Medzi ďalšie úspešné projekty na izolácie o ochranu proti vibráciám s použitím podpodvalových podložiek vo Veľkej Británii patrí napríklad tunel pri Birmingham Arena a ďalšie početné projekty s výhybkami a inými traťovými úsekmi so špeciálnymi požiadavkami.

Zhrnutie

Podpodvalové podložky sú najmodernejším technickým riešením pre znižovanie nákladov na životný cyklus ako aj na izoláciu vibrácií v železničných tratiach. V krajinách ako Rakúsko, Nemecko, Francúzsko a Taliansko sú podpodvalové podložky už zabehnutým štandardom, ich preukázaný pozitívny vplyv vedie k zavádzaniu pružných prvkov aj vo Veľkej Británii.

Do roku 2018 bolo vo Veľkej Británii viac ako 200 000 podvalov (hlavná a mestská železnica) vybavených polyuretánovými podpodvalovými podložkami. Najväčší počet podložiek bol nainštalovaný za účelom znižovania nákladov na životný cyklus a menší počet aj na účely izolácie vibrácií. Tento vývoj je možné pozorovať aj v celosvetovom meradle, keďže osvojenie najlepších postupov pre výstavbu železničných zvrškov s inštaláciou podpodvalových podložiek sa naďalej rozširuje na všetkých kontinentoch.

Po zhrnutí všetkých teoretických výpočtov a praktických skúseností je možné konštatovať, že iba betónové podvaly s podpodvalovými podložkami spĺňajú požiadavky na udržateľnejší a nákladovo efektívny zvršok.

Prípadová štúdia: Podpodvalové podložky pre metro v Londýne

Prípadovej štúdii - metro v Londýne, ktorá je spomínaná v tomto článku, sa venuje aj samostatný dokument, ktorý je dostupný v Slovenskom jazyku online a aj v PDF.

Dokument nájdete na stránkach getzner.hydrobeton.sk v sekcii Články a štúdie.





Odporúčaná literatúra

- Veit, P.; Marschnig St.: Under Sleeper Pads – Economic Evaluation, TU Graz, projektová správa pre pracovnú skupinu UIC, 2012
- Veit, P.; Marschnig, St.; Berghold, A.: WINS – Wirtschaftlicher Nutzen von Schwellenbesohlungen, project report for Austrian Federal Railways, 2010, Graz
- Marschnig, St.; Berghold, A.: Besohlte Schwellen im netzweiten Einsatz, ZEVrail, 2011, Berlin
- Auer, F.: Zur Verschleißreduktion von Gleisen in engen Bögen, dizertačná práca, 2010, Graz
- Auer, F.: Der Einfluss von elastischen Komponenten auf das Verschleißverhalten von Gleisen in engen Bögen, prednáška na "39th Conference Modern Rolling Stock", 2010, Graz
- Loy, H; Combating structure-borne noise and vibrations by putting pads on sleepers – their effect and limitations, ETR Austria, December 2012
- DIN 45673-3 Mechanické kmitanie - Pružné prvky používané v železničných tratiach - Časť 3: Experimentálne určenie zavedeného útlmu prvkami v tratiach (na skúšobnej stoličnici a v teréne)
- Loy, H; Kwiatkowska, E.; Biskup, M; Measuring the vibration-isolating effect of an elastic railway superstructure in Poland, Global Railway Review, Volume 24, Issue 1, 2018
- Potocan, S; Vibration protection for Birmingham's Arena Tunnel, European Rail Technology Review, 2011

Autori štúdie:



Peter Veit

Technická univerzita v Grazi, Rakúsko



Stefan Vonbun

Getzner Werkstoffe GmbH, Rakúsko

Getzner Werkstoffe GmbH

Založená:

1969 (ako dcérska spoločnosť
Getzner, Mutter & Cie)

Konateľ:

Ing Jürgen Rainalter

Zamestnanci:

490, z toho 220 v závode Bürs

Obrat:

2017: 95,2 miliónov €
2018: 100,3 miliónov €

Divízie:

železnice, stavebníctvo, priemysel

Naše kľúčové odborné znalosti:

Antivibračné opatrenia pre
železnice, stavebníctvo a priemysel

Registrované ochranné známky:

Sylomer®, Sylodyn®, Sylodamp®,
Isotop®

Sídlo a strediská:

Bürs (AT) - Berlín (DE), Mníchov (DE),
Stuttgart (DE), Lyon (FR), Amman
(JO), Tokyo (JP), Pune (IN), Peking
(CN), Kunshan (CN), Charlotte (US) a
Decatur (US)

Export:

93 %

Partner pre SK a CZ (divízia železnice):

HYDROBETON s.r.o.

Staviteľská 3, 831 04 Bratislava
SLOVENSKÁ REPUBLIKA

tel.: +421 2 4363 21 32
fax: +421 2 4363 21 33
e-mail: info@hydrobeton.sk

Bratislava +421 911 725 727
Košice +421 948 024 495
Praha +421 905 221 141

www.HYDROBETON.sk

Článok vyšiel pôvodne v JOURNAL OF PROCEEDINGS

"Elastic elements in track influencing total track costs and reducing vibrations"

Publikované: 16. október 2018 - Manchester Conference Centre UK

Lokalizácia textovej časti: HYDROBETON s.r.o., rev. 201900809 SK