



**26. MEDZINÁRODNÁ KONFERENCIA  
„SÚČASNÉ PROBLÉMY V KOLAJOVÝCH  
VOZIDLÁCH - PRORAIL 2023“  
20. – 22. septembra 2023, Žilina, Slovensko**

<https://doi.org/10.26552/spkv.Z.2023.2.30>

## **RACIONALIZACE PRACOVNÍHO MÍSTA DYNAMICKÉHO ZKUŠEBNÍHO STAVU JAKO HLAVNÍ NÁSTROJ KE ZVÝŠENÍ EFEKTIVITY PRÁCE**

### ***RATIONALIZATION OF THE DYNAMIC TEST BENCH WORKPLACE AS THE MAIN TOOL TO INCREASE WORK EFFICIENCY***

**Radek STUHLÍK, Jiří SOUKUP, Jaroslav BRABEC<sup>\*)</sup>**

#### **1 ÚVOD**

Článek se zabývá aplikací nástrojů vedoucích ke zvýšení efektivity práce KAIZEN na Dynamickém zkušebním stavu Výzkumného Ústavu Železničního. KAIZEN znamená v překladu neustálé zlepšování. Jeho prvky, které se v Japonsku zaváděly po druhé světové válce, vedly k vysoké produktivitě, a především kvalitě vyráběných produktů. Dnes se KAIZEN v oblasti strojírenství používá ke zvýšení efektivity, zavedení autonomní údržby k omezení poruchovosti strojů (TPM), zabránění plýtvání neboli MUDA (např. nadvýroba, řízení zásob, transporty, čekání, pohyb, zmetkovitost, složité operace a také nevyužívání lidského potenciálu), 5S, standardizaci, vizualizaci atd. Jedním z prvních nástrojů KAIZEN, který byl implementován, je systém 5S, jenž v pěti krocích zpřehledňuje a zjednodušuje pracoviště. Jednotlivá pracoviště jsou rozdělena, seříděna a vyčištěna od nežádoucích a nepotřebných věcí, nástrojů a nářadí, jsou zachovány pouze potřebné nástroje pro daný výkon práce a pracoviště samotné je standardizováno. Posléze je pracoviště kontrolováno, auditováno a zlepšováno.

Druhým nástrojem se stalo vytvoření tzv. digitálního dvojčete zkušebny, v jehož rámci je digitalizován (převeden do virtuální 3D podoby) prostor pro výkon zkoušek, přílehlá skladovací místa, bezpečnostní koridory, toky materiálů, ale i samotné přístrojové vybavení a univerzální přípravky používané při zkouškách. Posledním nástrojem zavedeným do praxe je systém autonomní údržby (TPM), který má za cíl maximalizovat efektivitu všech strojů a technických zařízení. TPM slouží k předcházení nehodovosti strojů plánovanou údržbou a kontrolou. Celý tento systém zvyšuje efektivitu prací, snižuje čas na přípravu projektů, snižuje chybovost při návrzích sestav zkoušek, zvyšuje kvalitu, snižuje prostoje strojů, a především zlepšuje pracovní zázemí pro zaměstnance.

#### **2 POPIS PRACOVNÍHO MÍSTA**

Hala dynamického zkušebního stavu (DZS) je tvořena hlavní zkušební halou se dvěma odpruženými zkušebními bloky v centrální části, na kterých probíhá většina zkušební

---

<sup>\*)</sup> **Ing. Radek STUHLÍK**, Výzkumný Ústav Železniční, a.s., Zkušební centrum VUZ Velim, 281 02 Cerhenice, Česká republika. Tel.: +420 601132164, e-mail: stuchlikr@cdvuz.cz, 32 let. Specialista zkoušek senior.

**Ing. Jiří SOUKUP**, Výzkumný Ústav Železniční, a.s. Tel.: +420 602551851, e-mail: soukupji@cdvuz.cz, 40 let. Vedoucí Dynamického zkušebního stavu.

**Ing. Jaroslav BRABEC, IWE**, Výzkumný Ústav Železniční, a.s. Tel.: +420 722952148, e-mail: brabecj@cdvuz.cz, 45 let. Vedoucí Business development.

činnosti – zkoušky rámu podvozků, systémů upevnění kolejnic, únavové zkoušky kol a náprav atd. – a menšími zkušebními oddíly na periférii haly, ve kterých se provádí jednoúčelové zkoušky – výkonnostní zkoušky nápravových ložisek, termomechanické zkoušky kol, zkoušky táhlových a narážecích ústrojí, betonových pražců atd. Široké spektrum činností DZS vyžaduje v různých sekcích použití specifického montážního vybavení a měřicí techniky, ale také skladování velkého množství specifických i standardních přípravků pro provádění zkoušek. Součástí infrastruktury haly je také rozvod stlačeného vzduchu a hydraulického oleje vyžadující včasnou údržbu, aby byla zachována kontinuita zkoušek a bylo zamezeno nežádoucím odstávkám.

### 3 SYSTÉM 5S A STANDARDIZACE JEDNOTLIVÝCH PRACOVIŠŤ

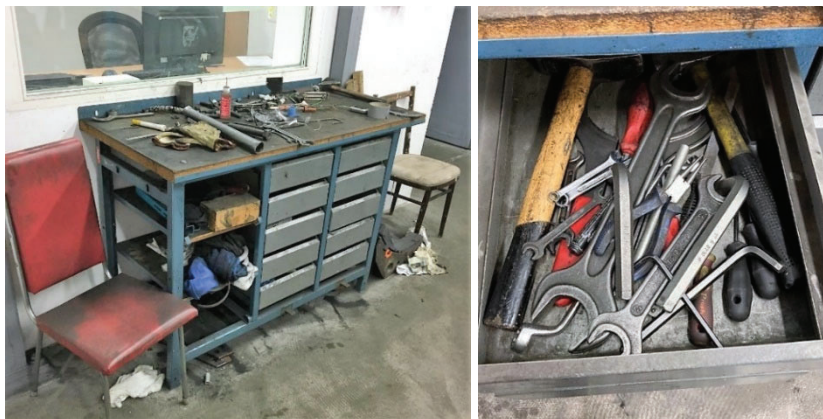
#### 3.1 Systém 5S a jeho všeobecné použití

Jedná se o systém pěti kroků vedoucích k vytvoření čistého a organizovaného pracoviště. Označení „5S“ vychází z japonštiny (Seiri = roztřídění; Seiton = uspořádání; Seiso = čištění a kontrola; Seiketsu = standardizace, pravidla; Shitsuke = dodržování pravidel). Jejich cílem je zlepšení toku materiálu a informací, zvýšení produktivity práce, zlepšení kvality a bezpečnosti práce, ochrana životního prostředí a vytvoření příjemného pracovního prostředí [1].

Přínosem zavedení systému 5S je mimo pozitivní vliv na zákazníka také snazší detekce závad na strojích a náradí, eliminace překážek a zbytečného hledání potřebných nástrojů či materiálů a zvýšení podnikové kultury.

#### 3.2 Příklad standardizace pracoviště

Jako příklad standardizace pracoviště poslouží pracovní stůl v místnosti termomechanických zkoušek kol. Na **obr. 1** lze vidět velké množství neroztříděného náradí, pracovní rukavice a další množství blíže nespecifikovaného materiálu. V okolí stolu jsou dvě nepotřebné židle a na zemi se povalují hadry. Šuplíky jsou vyplněny dalším množstvím neuspořádaného náradí.



**Obr. 1** Pracovní stůl v místnosti termomechanických zkoušek – před standardizací

**Fig. 1** Workbench in the thermomechanical testing room – before standardization

Aplikací pravidel systému 5S bylo pracoviště uklizeno a bylo vytříděno náradí potřebné k instalaci předmětu zkoušky do sestavy zkoušky a montáži měřicí techniky. Náradí a další vybavení bylo rozmístěno do jednotlivých šuplíků na předem připravené a popsané pozice, aby bylo možné zachovat pracovní plochu stolu prázdnou. Z okolí stolu byly odstraněny všechny věci, které byly z hlediska účelu pracovního místa nepotřebné,

připadně nesplňovaly podmínky BOZP. Na základě takto uspořadan eho pracovního místa byl vytvořen standard (viz **obr. 2**), který byl umístěn v blízkosti stolu a pracovníkům vykonávajícím montáž slouží jako vzor a výchozí stav, do kterého je nutné uvést pracovn st e po dokončení prací.

VUZ a.s.		
One Point Lesson - TPM + 5S		
Z�kladn�i znalost	Probl�em	Zlepšení
N�zev:	Zkušebna TM	
�slo:	TM_02	
Středisko:	DZS	
Vytvořil:	Tom�s Hron	
Datum:	21.01.2021	
		
Popis probl�mu / zlepšení: Uspořad�n�i pracovn�ho stolu		
Vytvořil: J.Brabec Schv�lil: J.Soukup		
rev. 00 OPL_01		
Dne: 06.01.2021		

**Obr. 2** Vytvořený standard pracovního místa

**Fig. 2** Established workplace standard

#### 4 DIGITÁLNÍ DVOJČE

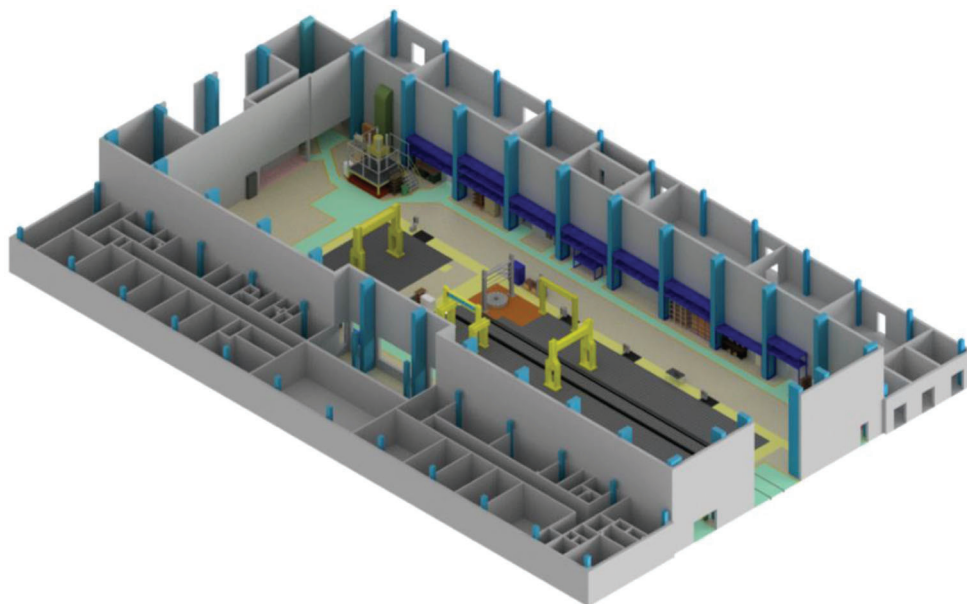
účelem tvorby digitálního dvojčete je vytvoření kopie fyzického systému zkušebního střediska DZS, tzv. 3D layoutu, pomocí kterého bude mozn e plánovat kapacitu pracovn st i a jejich vzájemnou synchronizaci. Digitální dvojče jako celek zahrnuje softwarový 3D model dispozičního řešení DZS, databázi 3D modelů stávajících p iřpravk  a zařizení, normování p iřpravn ch  as  pro vybrané typy zkoušek a metodiku použití. Implementace těchto prvků do reálných podmínek bude mít za následek zlepšení uspořadání pracovn st e, nastavení logistických toků, povede ke snižení  as  pro manipulaci, zrychlení p iřpravn ch  as , standardizaci jednotlivých pracovn st i jako celku a celkovému zvyšení produktivity práce za současného snižení chybovosti. [2].

##### 4.1 3D model pracovn st e

Na základě výkresové dokumentace budovy je zhotoven 3D model celé zkušebny (**obr. 3**), v jehož rámci jsou zny nebo revidovány následující prvky:

- základní stavehotovenbn i a nosné prvky zkušebny,
- bloky a portály – ověření rozměrů a umístění v hale,

- regálové pozice – zaměření a stanovení skladovacích kapacit,
- interní logistika – skladovací místa standardních přípravků a jejich logistika,
- elektroinstalace – modelace a umístění všech rozvaděčů v layoutu zkušebny,
- hydraulika – stanovení počtu a pozic ventilových jednotek pro realizaci zkoušek,
- požární ochrana – stanovení počtu a pozic hasicích přístrojů a hydrantů,
- další vybavení – modely stolů, PC, odpadových zařízení atd. [2].



**Obr. 3** 3D model zkušební haly včetně zázemí

**Fig. 3** 3D model of the test hall including facilities [2]

Prostřednictvím modelu současného stavu zkušebny je možné ověřovat a optimalizovat dispoziční řešení zkušebny, logistické koridory, skladové prostory a zvyšovat efektivitu využití prostoru zkušebny včetně plánování umístění dalších zkušebních zařízení [2].

#### 4.2 Databáze přípravků a jejich značení

Vzhledem k obrovskému množství komponent (a jejich modifikací) potřebných pro stavbu a provoz zkoušek byla stěžejním bodem jejich identifikace na zkušební hale a následné zhotovení 3D modelu. Pro potřeby rozlišení jednotlivých komponent byla vytvořena karta značení dílů (viz **obr. 4**), na jejímž základě byly jednotlivé komponenty rozříděny a řádně označeny. Značení dílů probíhalo dle daného schématu (příklad uveden na **obr. 5**) vždy na dvou viditelných místech.

Rozřídění a identifikace správného počtu skladových zásob jednotlivých komponent hraje důležitou roli při návrhu sestavy zkoušky, kdy si konstruktér danou komponentu pro určitý projekt zarezervuje v centrálním rezervačním systému a po dobu aktivního stavu projektu není možné komponentu použít v jiném běžícím projektu. Nedochozí tedy ke vzniku duplicit a následným komplikacím při montáži sestavy zkoušky vlivem vyčerpání zásob.

Další nespornou výhodou je možnost generování kusovníku sestavy zkoušky, na jehož základě dokáže montážní pracovník předem vyskladnit potřebné komponenty a

připadně nesrovnalosti včas řešit s konstruktérem. Při stavbě sestavy zkoušky pak dochází k eliminaci prostojů způsobených nutností hledání náhrady za chybějící díl.

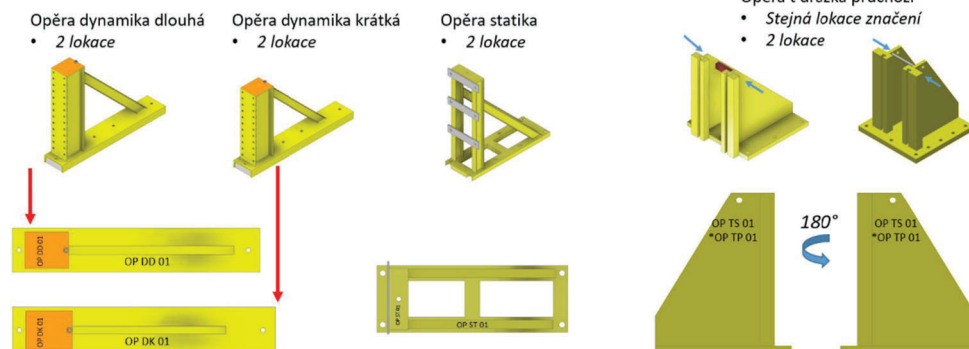
Opěry (OP=Opěra; [ST=statika, DK = dynamika krátká, DD = dynamika dlouhá, TP = t dr�azka p�ruchoz�, TS = t dr�azka slep�])				
OP_ST_01	OP_DK_01	OP_DD_01	OP_TP_01	OP_TS_01
Kol�ce (P=přechodov�, D=distanční, S=siloměr, K=kostka, O=ostatn�)				
KO	P	400	50	01
Kol�e	Typ kol�e	Řada	Tloušťka	Typ
KO_P_160_20_01	KO_D_63_55_01	KO_S_63_30_01	KO_K_400_35_01	KO_O_160_40_01

Obr. 4 Karta značení dílů

Fig. 4 Parts labeling card [2]

## Opěry

- Celkem 5 variant



Obr. 5 Značení opěr

Fig. 5 Base adapter labeling [2]

### 4.3 Normování výkonových časů

Bez znalostí časov  náročnosti jednotlivých procesů není mořn  účinn  plánovat a celkov  hodnotit efektivitu práce zaměstnanců či časových procesů. V rámci tvorby digitálního dvojčete byl prováděn časov  náměr činností montážního pracovníka během kompletace vybraných dílů podle metodiky REFA. N měrov  čas byl očištěn od neřadouc ch činností (hledání součástí, opravy, operativn  řešení z důvodu chybějící součástí) a z hlediska plánování byl při montáři sledován pouze čas na logistiku dílu a samotnou montáž (příklad normovaných časů montáže – včetně logistiky – vybraných hydraulických válců na obr. 6). Normovan  čas montáže jednotlivých dílů dokáže generovat přibližn  časov  rozsah montážních prací na projektu a u jednoduřších a standardizov n ch sestav zkoušek v razn  zpřesnit plánovanou kapacitu.

V p řipad  zkoušek nestandardních (typicky zkoušek r mů podvozků) je mořn  z normovaných časů získat pouze orientační náhled na časov  rozsah prací, protože takov  rám podvozku je ve většině p řipadů prototypem a navržen  sestava zkoušky se dá do jisté míry považovat za sestavu prototypovou. V takov m p řipad  dochází k velkému množství nestandardních montáží, které lze při plánování kapacity odhadnout pouze orientačně. Z proveden ch náměrů se dá zlepřovat pracovní proces a zvyšovat produktivita práce.

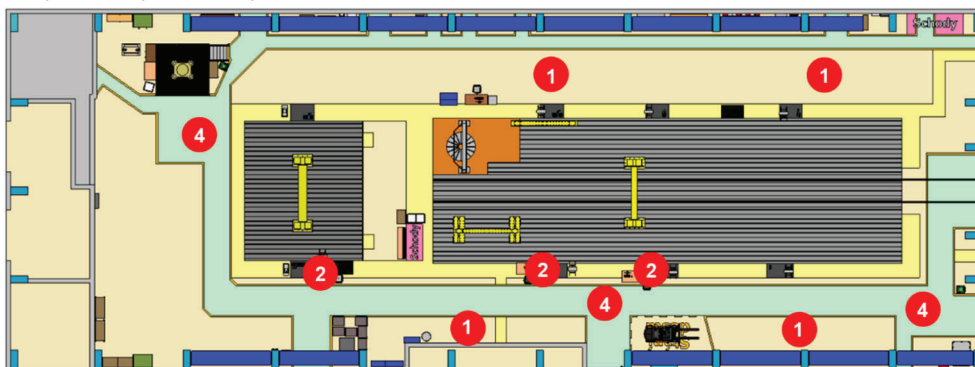
Označení	síla (kN)	Dolní úvrať (mm)	Horní úvrať (mm)	Zdvih (mm)	Celkový počet	čas montáže (hod)
HV_630_250_1	630	1160	1410	250	1	2
HV_400_100_7	400	992,5	1092,5	100	1	2
HV_280_250_8	280	1451,5	1701,5	250	1	1,5
HV_100_100_16	100	724,4	824,4	100	1	1,5
HV_63_250_17	63	905	1155	250	1	1
HV_63_250_18	63	905	1155	250	1	1
HV_63_250_19	63	900	1150	250	1	1

**Obr. 6** Přehled hydraulických válců s normovaným časem montáže

**Fig. 6** Overview of hydraulic cylinders with standardized assembly time

#### 4.5 Logistika, BOZP a ergonomie práce

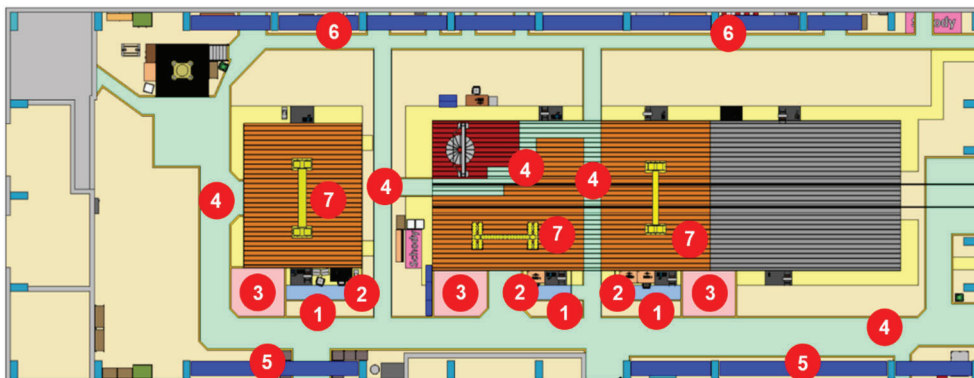
Logistika zkušebních vzorků a komponent sestavy zkoušky je realizována pomocí vysokozdvizného vozíku (VZV) v kombinaci s mostovým jeřábem, který je schopen obsáhnout celou zkušební plochu v hlavní části haly. Podél zkušebních bloků (viz **obr. Obr. 7**) byl v minulosti vytvořen hlavní koridor (4) šíře 2 m (pro transport objemných těles), který je doplněn o pěší koridor šíře 1 m pro obsluhu místností sousedících s hlavní halou. Pracovní prostor pro obsluhu zkoušky (2) bezprostředně sousedil s logistickým koridorem a odkládací místa pro palety (1) byla rozeseta po celé hale a zejména před regály, do kterých tak byl omezený přístup pomocí VZV.



**Obr. 7** Původní layout hlavní části zkušebny

**Fig. 7** The original layout of the main part of the test hall [2]

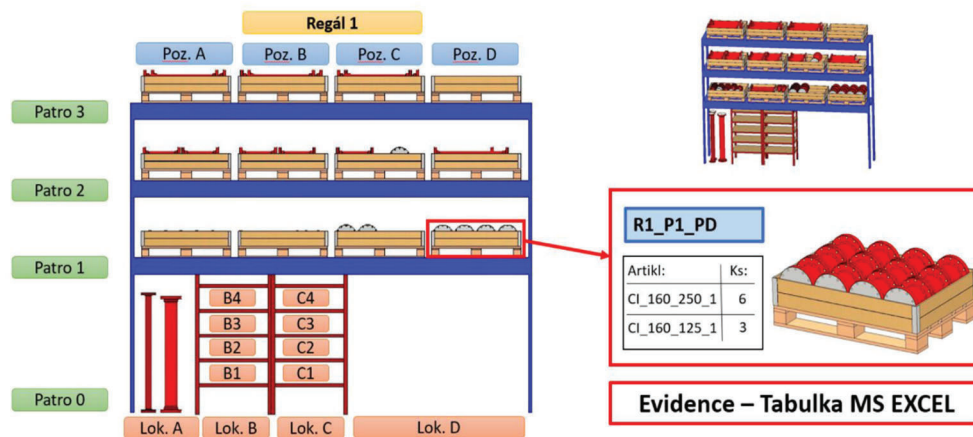
V rámci optimalizace layoutu byla navržena řada změn (viz **obr. 8**). Došlo k posunu transportních koridorů (4) blíže k regálům, čímž je zajištěn přístup VZV do všech pater regálů bez nutnosti manipulace s uskladněnými paletami. V oblastech vymezených pro zkoušky (7) na velkém i malém bloku byl vytvořen prostor pro obsluhu zkoušky (2), tak aby přímo nesousedil s přepravním koridorem, dále bylo vytvořeno místo pro předmontáž zkoušky (3) o rozměru 3 x 3 m, na kterém montážní pracovník připravuje konstrukční celky, jež poté instaluje do sestavy zkoušky. Odkládací místo pro palety (1) je určeno pro dočasné uložení drobných komponent a měřicí techniky. [2]



Obr. 8 Nový layout hlavnej  asti zkušebny

Fig. 8 New layout of the main part of the test hall [2]

Zpřístupnění regálů (5) u hlavního přepravního koridoru umožní plné využití těchto skladovacích prostor pro standardní díly používané ve všech typech zkoušek. Regály na opačné straně haly (6) budou využity jako skladovací prostor pro vybavení z předchozích zkoušek, nestandardní díly a náhradní díly technologické vybavy zkušebny. V rámci standardních dílů je navržen systém uvedený na obr. 9. Standardní díly jsou uloženy do palet s ohrádkami. Jednotlivé regály jsou rozděleny na patra, v případě pozemního patra 0 na lokace při integraci menších polic na drobné díly. Každá pozice obsahuje definovaný počet dílů, který je uveden na štítku uloženém v magnetické kapse u skladovací pozice. [2]



Obr. 9 Návrh systému skladování standardních dílů

Fig. 9 Design of a storage system for standard parts [2]

## 5 AUTONOMNÍ ÚDRŽBA

Třetím z implementovaných nástrojů zvýšení efektivity práce je systém Total Productive Maintenance (TPM), který se také nazývá autonomní údržba. Tento systém byl zaveden pro všechny stroje a zařízení na zkušebně. Jeho úkolem je zvýšení výkonnosti strojů a zařízení prostřednictvím snižování poruchovosti a prodlužování životnosti. Jeden ze zavedených systémů, na kterém VUZ spolupracuje v rámci výzkumného projektu s Akademií Věd ČR (FZÚ), slouží ke zjišťování a vyhodnocování informací potřebných pro

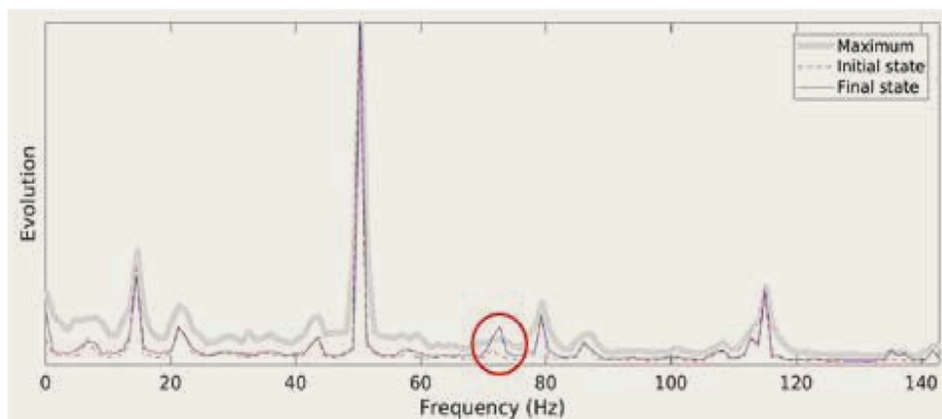
úspěšné zavádění prediktivní údržby. Instalované monitorovací zařízení je umístěno u klíčových pohonů – elektromotorů, pracujících v nepřetržitém režimu (viz **obr. 10**). [3]



**Obr. 10** Sledované zařízení a umístění prototypu monitorovacího zařízení

**Fig. 10** Monitored device and location of prototype monitoring device

Instalované monitorovací zařízení vyvinuté FZÚ AV ČR je schopné zaznamenat i minimální anomálie svědčící o postupné degradaci materiálu, mechanickém poškození ložisek, resp. degradaci maziva a jiné vady. Samotné monitorovací zařízení snímá magnetické pole a pro každé elektrické zařízení vytváří ve frekvenčním spektru svůj specifický obraz. Obraz je navíc tím zřetelnější, čím je větší magnetické pole v okolí zařízení, resp. proud tekoucí přívodním kabelem k takovému zařízení. Obraz takového zařízení zůstává v čase shodný či téměř neměnný. Dochází-li k jeho změnám, pak lze předpokládat změny v technickém stavu zařízení. [3] Příklad takového obrazu se zaznamenanou anomálií lze vidět na **obr. 11**.



**Obr. 11** Vývoj změny frekvenčního spektra stroje v průběhu týdne

**Fig. 11** The evolution of the change in the frequency spectrum of the machine during the week [3]

Snímacích zařízení je ve strojně DZS umístěno celkem 8. Celý systém je v této specifické aplikaci stále ve vývoji a pro posouzení efektivity je nutné nasbírat velké množství



dat, jež poté bude nutné vyhodnotit a porovnat se skutočnými poruchovými stavy, ktoré se na snıman ych strojoch re ln e vyskytnou.

## 6 ZÁVĚR

Zavedení systému 5S na různá pracovní místa a skladovací místnosti pr ıneslo výsledky takřka okamit e. Organizací a uspořad n ım pracovních míst došlo k celkovému zpřehlednění jednotlivých  ast ı pracovního prostoru, zvysen ı BOZP a zefektivnění montážních prací snadnou dostupností potrebn ıho n ırad ı. V znamn ım benefitem je vyčlenění konkrétních skladovacích míst pro konkrétní n ıstroje a zařizení,  ımz bylo eliminováno hledání potrebn ıch komponenty na ırokov em spektru míst. Po vizuální stránce došlo ke zlepšení kultury pracovních míst – jsou čistá, přehledná a jasn e srozumitelná i pro nov e příchozí pracovníky.

Projekt digitálního dvojčete byl převzat do uıtv n ı teprve před několika měsíci a některé jeho prvky ještě nebyly do systému implementovány. Jedná se například o organizací reg l ı a identifikací  lon ıch prostor nebo zavedení nového layoutu hlavní  asti zkušebny. V pokroilejı fázi je značení d ıl ı, kde je jednozna n e označeno přes 50 % komponent. Tak e rezervační systém je v konstrukčním oddělení funkční a tvorbou nových projekt ı se vychytávají drobn e nedostatky. Co naopak stagnuje, je normování práce, které by k posunu vyžadovalo zkušeného normova e, jenž by proces montáže neustále monitoroval a systém zdokonaloval.

Během 2 měsící ostrého provozu systému TPM lze konstatovat, že technické provedení ov erilo předchozí teoretické a experimentální předpoklady. Vzhledem k čelu použití celého systému je však nutný sběr dalıho množství dat a jejich analýza v souvislostí se vznikajícími poruchami.

VUZ nabízí službu Racionalizace v ırobn ıch prostor i pro dalı společnosti.

## Literatura

[1] CPI Web servis s.r.o. SVĚT PRODUKTIVITY Beta [online]. 2012 [cit. 2023-06-11]. Dostupné z: <https://www.svetproduktivity.cz/slovník/slovník-5S.htm>; [2] SYROVÝ, Petr, MARTIN NEČAS a Jiří KYNCL. Projekt: Digitální dvojče VUZ DZS: Z av ere n a zpráva projektu. Praha, 2023; [3] elezni  ař. 29. 2022. ISSN 0322-8002. [4] BRABEC Jaroslav, SOLAŘ Antonín, RACIONALIZACE V ıROBN ıCH PROCES ı, TECHMAGAZÍN. 05/2023. ISSN 1804-5412



## Resumé

*Tento př ısp evok pojednával o implementaci třech r zn ıch n ıstroj ı do systému dynamické zkušebny V ızkumn eho  stavu železničního. V úvodu příspěvku bylo popsáno pracovn ıst e a jeho hlavní činnost. První  ast příspěvku se zab ıv a organizačním systémem 5S a standardizací pracovn ıst e, vysvětluje zavedené pojmy a uvádí příklad standardizace pracovn ıst e v místnosti termomechanick ıch zkoušek. Druhá  ast příspěvku prezentuje projekt digitálního dvojčete a jeho v ıhod pří zvyšování efektivity práce. V rámci digitálního dvojčete byl převeden do digitální podoby zkušební prostor, vybavení zkušebny a byly zavedeny n ıstroje pro ulehčení montáže sestav zkoušek. Poslední  ast byla v ınov ana systému TPM (Total Productive Maintenance), kter ı i přes kr tkou dobu provozu ukazuje prvn ı v sledky a pln ı teoretick a a experiment ln ı o ek av n ı.*

### Summary

*This article discussed the implementation of three different tools into the system of the dynamic testing room of the Railway Research Institute. The workplace and its main activity were described in the introduction to the article. The first part of the contribution deals with the 5S organizational system and workplace standardization, explains the established terms and gives an example of workplace standardization in a thermomechanical testing room. The second part of the contribution presents the digital twin project and its advantages in increasing work efficiency. As part of the digital twin, the test space and the test room equipment were converted into digital form, and tools were introduced to facilitate the assembly of test sets. The last part was devoted to the TPM (Total Productive Maintenance) system, which, despite the short period of operation, shows the first results and fulfils theoretical and experimental expectations.*

