

Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní, Katedra konstruování

VŠB TECHNICKÁ  
UNIVERZITA  
OSTRAVA

FAKULTA  
STROJNÍ

KATEDRA  
KONSTRUOVÁNÍ

# PREZENTACE

## DOKTORANDŮ KATEDRY 340/2022

KOLEKTIV AUTORŮ

SBORNÍK PREZENTACÍ  
SEMINÁŘE DOKTORANDŮ KATEDRY



Horní Lomná, 2022

ISBN 978-80-248-4632-3

## OBSAH

1. GASZEK Jakub : ROZBOR PRINCIPŮ DRCENÍ.....	3
2. HUDEC Lukáš : PREDPOVEĎ NESTABILITY BRZDOVÉHO HLUKU KOMPLEXNOU ANALÝZOU VLASTNÝCH HODNOT .....	10
3. CHALÁNEK Ladislav : IMPLEMENTACE VIBRAČNÍ DIAGNOSTIKY DO SYSTÉMU ÚDRŽBY PAPIRENSKÉHO STROJE .....	17
4. JAGIEŁA-ZAJĄC Amadeus : KONTROLA POŁOŻENIA UCHWYTÓW NOŻOWYCH W ZROBOTYZOWANEJ TECHNOLOGII WYTWARZANIA ORGANÓW ROBOCZYCH GÓRNICZYCH MASZYN URABIAJĄCYCH ...	26
5. KOSTECKÝ Vít : DIAGNOSTIKA ZÁVADY ROTORU ELEKTROMOTORU .....	42
6. KURAČ Daniel : PALIVA BUDOUCNOSTI .....	48
7. KURPIEL Wojciech : WPŁYW AKTYWNEGO BALANSOWANIA NA BEZPIECZEŃSTWO PRACY BATERII OGNIW LITOWYCH W WYBRANYCH UKŁADACH MASZYN GÓRNICZYCH .....	53
8. KUTIOVÁ Kristýna : PŘEDPOVĚDI VĚDY A TECHNIKY, KTERÉ SE TAK ÚPLNĚ NEPODAŘILY .....	70
9. MACHAČ Jiří : VIZIONÁŘ Z DETROITU .....	80
10. MACHÁLEK Tomáš : NÁVRH A VÝSTAVBA TECHNOLOGICKÉ LINKY ŘÍPEC.....	84
11. MANCEL Vladimír, MELICHERČÍK Ján, KUVIK Tomáš : VÝSKUM NOVÝCH KOMPOZITOV Z RECYKLOVANÝCH MATERIÁLŮV AUTOMOBILOVÉHO PRIEMYSLU .....	97
12. NOVÁKOVÁ Eliška : NANOČÁSTICE V OBLASTI MAZÁNÍ STROJŮ .....	103
13. PACAS Lukáš : VÝVOJ TLUMIČE PRO VYSOKOTEPLTNÍ APLIKACE .....	109
14. PRAVDA Štěpán : MĚŘÍCÍ SYSTÉM DEWESOFT VE VÝUCE, VĚDĚ A VÝZKUMU .....	118
15. ŠEBESTA Radim : VIRTUÁLNÍ REALITA „VČERA, DNES A ZÍTRA“ .....	122
16. VARGOVÁ Monika, KUVIK Tomáš, MELICHERČÍK Ján : MOŽNOSTI ZVYŠOVANIA ŽIVOTNOSTI NÁSTROJOV PRACUJÚCICH V LESNOM HOSPODÁRSTVE NAVÁRANÍM.....	133
17. WÓJCICKI Mateusz : IDENTYFIKACJA SYNERGIZMU ODDZIAŁYWANIA CZYNNIKÓW ŚRODOWISKA KOPALNIANEGO W ASPEKCIE OGRANICZENIA ZUŻYCIA OGNIW ŁAŃCUCHOWYCH PRZENOŚNIKÓW ZGRZEBŁOWYCH .....	141

# ROZBOR PRINCIPŮ DRCENÍ

Jakub GASZEK, VŠB-TU Ostrava <sup>1</sup>

## Abstrakt

Práce se zabývá rozbořem drtících strojů a mechanismů. Článek obsahuje základní rozdělení mechanismů, popis principů a pojmů používaných při drcení.

## 1 Úvod

Drcením se přeměňuje rubanina na drcené kamenivo.

(Rubanina je materiál získaný dobýváním, v případě hornin, často značných rozměrů s nepravidelnou kusovitostí.)

Drcení je prováděno postupně, obvykle třemi stupni drcení:

- **Primární drcení** - zpracování hrubé rubaniny na zrnitost, se kterou lze dále lépe pracovat.
- **Sekundární drcení** - zpracování rubaniny (po primárním drcení) na zrnitost blízkou požadované.
- **Terciální drcení** - úprava na požadovanou zrnitost [1] [2] [3]

Rozpojování je pochod energeticky velmi náročný.

Spotřeba energie je tím větší, čím je vystupující drcený materiál jemnější. **Až 95 % energie se během suchého rozpojování přemění na teplo, pouze zbývajících 5% je spotřebováno na rozpojení částic materiálu.**

**Energetickou účinnost rozpojování můžeme zvýšit až na asi 30%,** pokud operace probíhá v mokřém stavu. [1] [2] [3]

Podle velikosti výstupních částic jsou rozlišovány stroje na:

- hrubé drcení (před-drcení) - do průměru částic 100 mm,
- střední a drobné drcení - 1 ÷ 100 mm,
- mletí - 0.1 ÷ 1.0 mm,
- velmi jemné mletí - 0.01 ÷ 0.1 mm,
- koloidní mletí 0.01 mm.

Horniny lze drcit:

- **Tlakem** - zrna horniny jsou drcena působením dvou proti sobě působících ploch. Za tlakové drtiče jsou považovány:
  - **čelist'ové drtiče,**
  - **kuželové drtiče,**
  - **válcové drtiče.**

---

<sup>1</sup> Ing. Jakub Gaszek

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, FS, Katedra konstruování  
17. listopadu 2172/15, 708 00 Ostrava-Poruba  
e-mail: jakub.gaszek.st@vsb.cz

- **Dynamickou silou** - zrna horniny jsou metána na masivní desky stroje nebo drcena vzájemným působením zrn horniny. [1] [2] [3]  
Za drtiče působící dynamickou silou jsou považovány:
  - **kladivové drtiče**,
  - **odrazové drtiče**.

## 2 Tlakové drtiče

### Čelistové drtiče

Nejčastěji jsou určeny pro primární drcení hrubého, suchého a nelepivého materiálu. Materiál je drcen tlakem mezi pohyblivou a nepohyblivou čelistí. Zmenšení velikosti částic je asi na 20% původní velikosti. Dělí se na: jedno-vzpěrné a dvoj-vzpěrné. [1] [2] [3]

Výhody:

- vysoká provozní spolehlivost,
- nízké náklady na provoz a údržbu,
- robustní konstrukce.
- jednoduchá obsluha
- velký výkon (až 2000 t·hod<sup>-1</sup>)

Nevýhody:

- silné otřesy,
- hlučnost,
- částečně přetržitý provoz.

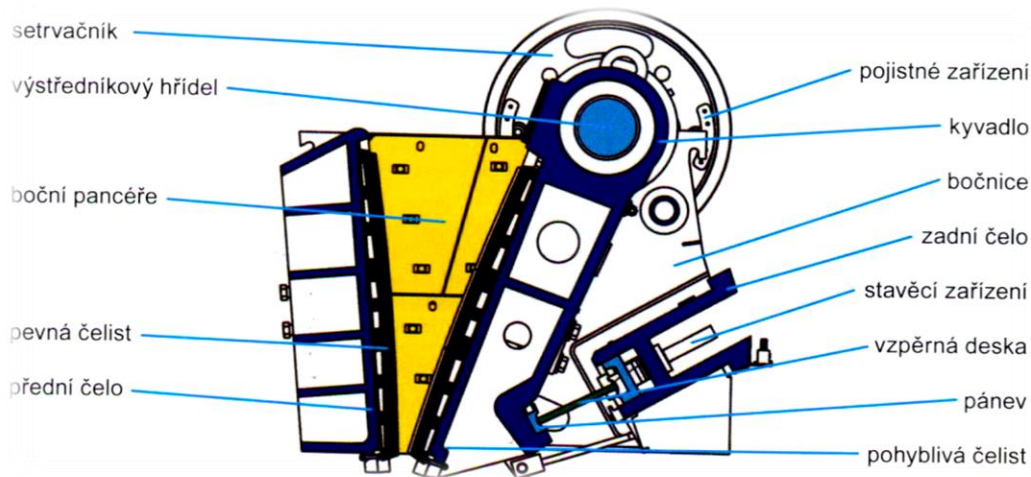
**Jedno-vzpěrné čelistové drtiče** (obr.1) jsou mechanické nebo hydraulické. Jejich hnacím mechanismem jsou dva setrvačníky, z nichž jeden je opatřen drážkami pro klínové řemeny, sloužícími k přenosu hnacích sil od motoru.

Motor tedy nejprve roztáčí setrvačníky. Setrvačníky jsou spojeny s výstředníkovou hřídelí a otáčí jí. Na výstředníkovém hřídeli je uloženo kyvadlo. Otáčením výstředníkové hřídele je kyvadlo uvedeno do pohybu. Kyvadlo je spojeno s pohyblivou čelistí drtiče. Kyvadlo se v dolní části opírá o vzpěrnou desku a je k ní přitahováno táhlem s vratnou pružinou. Pohyblivá čelist se takto pohybuje elipsovitým pohybem a přibližuje se a oddaluje od pevné čelisti umístěné na pevném základnu stroje.

Výstupní štěrbina určuje velikost zrna vystupujícího materiálu. Štěrbina může být měřena dvojím způsobem: zub-zub, zub-dno. Velikost štěrbiny lze nastavit stavěcím zařízením.

Mezi stavěcím zařízením a kyvadlem je vzpěrná deska, která slouží jako ochrana drtiče proti nedrtitelným předmětům. Při nadměrném tlaku vzpěrná destička praskne, uvolní se pohyblivá čelist a rozevře se drticí komora. Pánvice v nichž vzpěrná deska drží jsou třecí nebo odvalovací. Nastavení vzpěrných desek se provádí stavěcími vložkami. Čelisti drtičů jsou vyrobeny z oceli s vysokým obsahem manganu, odolné proti otěru. Mohou být vícedílné pro snazší výměnu opotřebovaných částí. Popis jedno-vzpěrného drtiče je na obr.1. [2] [3] [4] [6]





Obr.1 Jedno-vzpěrný čelistový drtič [4]

**Dvou-vzpěrné čelistové drtiče** se (obr.2) používají k drcení velmi pevných a abrazivních materiálů. Mají větší výkon než jedno-vzpěrné čelistové drtiče. Bývají zařazovány do drticích jednotek s dopravou materiálu.

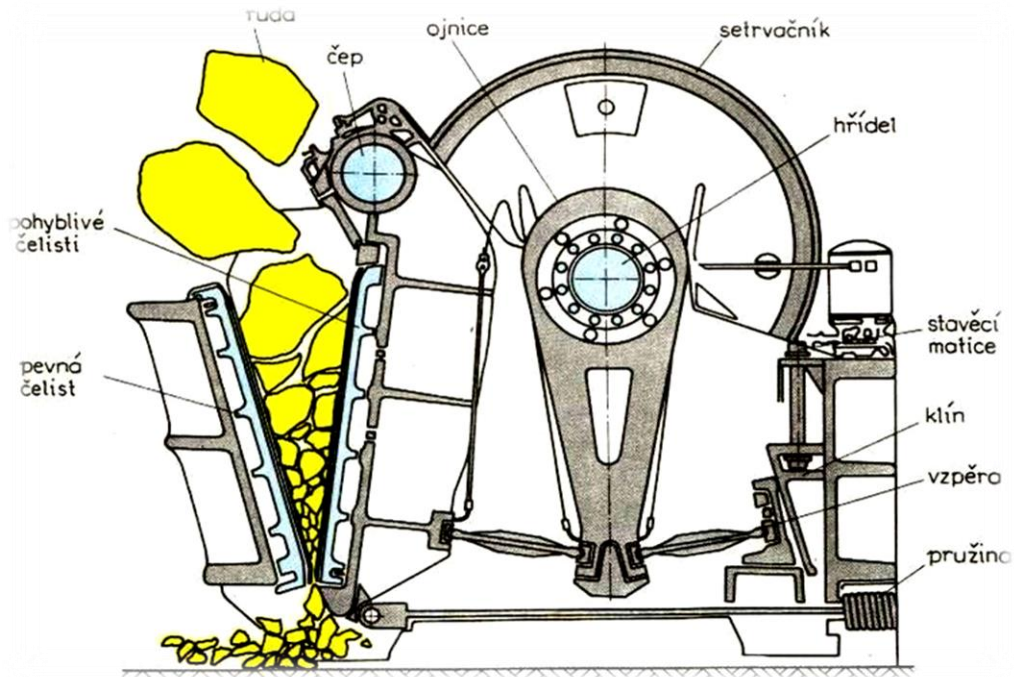
Jejich hnacím mechanismem jsou dva setrvačnick, z nichž jeden je opatřen drážkami pro klínové řemeny, sloužícími k přenosu hnacích sil od motoru.

Motor roztáčí setrvačnick. Setrvačnick jsou spojeny s výstředníkovou hřídelí a otáčejí jí. Na výstředníkovém hřídeli je uložena ojnice. Otáčením výstředníkové hřídele je ojnice uvedena do pohybu. V dolním konci ojnice jsou uloženy v třecích nebo odvalovacích pánvích vzpěrné desky. Přední vzpěrná deska je opřena mezi ojnicí a kyvadlem, zadní deska je opřena mezi ojnicí a zadním čelem stojanu drtiče. V zadním čelu stojanu je i stavěcí mechanismus. Rozpohybováním ojnice nahoru a dolů se mění sklon vzpěrných desek a tak i vzdálenost kyvadla od zadního čela drtiče. Kyvadlo se pak kýve okolo vlastního čepu a je pevně spojeno s pohyblivou čelistí. Pohyblivá čelist je přitahována k ojnicí s přední a zadní vzpěrnou deskou táhlem s vratnou pružinou. Pohyblivá čelist se díky tomuto uspořádání pak přibližuje a oddaluje od pevné čelisti umístěné na pevném základnu stroje.

Výstupní štěrbina určuje velikost zrna vystupujícího materiálu. Štěrbina může být měřena dvojím způsobem: zub-zub, zub-dno.

Velikost štěrbiny lze nastavit stavěcím zařízením obdobně jako u jedno-vzpěrného čelistového drtiče. Velikost štěrbiny se mění v závislosti na nastavení úhlu sklonu vzpěrných desek.

Vzpěrné destičky slouží také jako ochrana drtiče proti nedrtitelným předmětům. Při nadměrném tlaku vzpěrné destičky prasknou, uvolní se pohyblivá čelist a rozevře se drticí komora. Konstrukce čelistí je obdobná jako u jedno-vzpěrných čelistových drtičů. [2] [3] [4] [5]



Obr.2 Dvoj-vzpěrný čelistový drtič [5] [6]

**Dalšími druhy čelistových drtičů jsou:**

**Dvou-vzpěrný čelistový drtič se složitým pohybem pohyblivé části** má místo pevného čepu pohyblivé čelisti, další výstředníkový hřídel. Složitý pohyb čelisti pak napomáhá vtahování materiálu do drtící komory.

**Čelistový drtič s hydraulicky ovládanou pohyblivou čelistí** má výhodu především v regulovatelnosti rychlosti pohybu pohyblivé čelisti.

**Úderný čelistový drtič** má velmi ploše umístěnou pohyblivou čelist, a jeho čelisti svírají podstatně menší úhel, než u běžných dvoj-vzpěrných čelistových drtičů. Vlivem tohoto uspořádání s dalšími pomocnými mechanismy je materiál drcen jak údery čelistí, tak prudkým vrháním proti pevné čelisti drtiče.

**Dvojčinné čelistové drtiče** mají dvě svislé pohyblivé čelisti, z nichž každá je ve spodní části umístěna na vlastní výstředníkový hřídel. V horní části jsou vzpěrné desky. Ochranu proti nedrtitelným předmětům zajišťuje schopnost posunu jedné z výstředníkových hřídelí.

**Horizontální čelistový drtič** se skládá ze dvou pohyblivých čelistí a článkové podavače na spodní straně drtiče. Obě čelisti jsou pohyblivé a pracují jako dva jedno-vzpěrné čelistové drtiče bez pevných čelistí otočené o 90°. [2] [3] [4] [6]

### **Kuželové drtiče**

Jsou určeny k sekundárnímu a terciálnímu drcení tvrdých, abrazivních, nelepivých materiálů jako je např.: křemen, žula nebo čedič. Vyznačují se vysokou provozní spolehlivostí, jednoduchou obsluhou a snadnou údržbou. Výhodou je také vysoký stupeň zdobnění materiálu a optimální geometrie drtícího prostoru. Šířka drtící štěrbině a tím i stupeň drcení se dá měnit snižováním nebo zvedáním drtícího kužele.

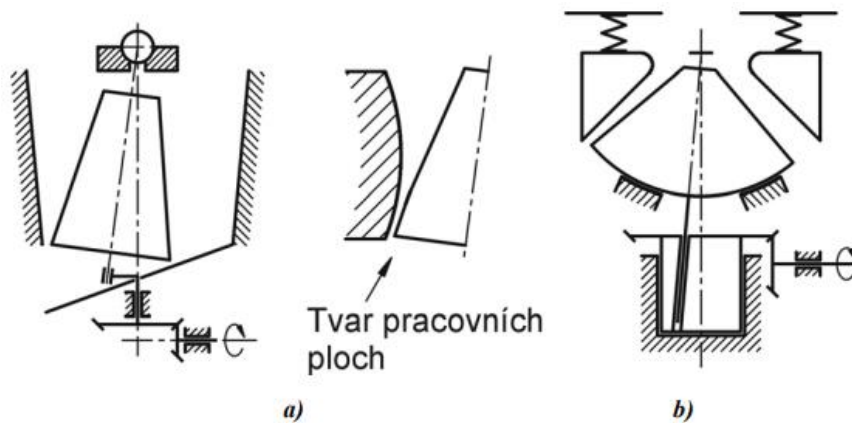
Mohou být v provedení se závěsným kuželem tzv. ostroúhlé (produkují drcená tvarově ostrohranná zrna) nebo s podepřeným kuželem tzv. tupoúhlé (typ Symons, která produkují drcená tvarově neostrohranná zrna).

Kuželové drtiče drtící prostor se nachází mezi pláští dvou kuželů (vnější plášť má svislou osu, vnitřní plášť má osu skloněnou o 2 až 5° od svislice).

V kuželových drtičích se materiál drtí v prostoru mezi otočným drtícím kuželem a pevným drtícím pláštěm.

Existují dva základní typy kuželových drtičů:

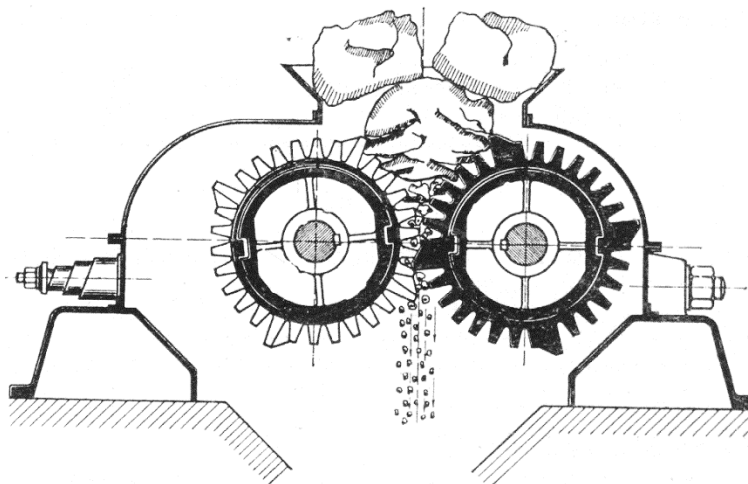
- a) Kuželové drtiče se závěsným kuželem,
- b) kuželové drtiče s podepřeným kuželem. [2] [3]



Obr.3 Schéma konstrukce kuželových drtičů [3]

### Válcové drtiče

Válcové drtiče mohou být jednoválcové nebo dvoj válcové. Používají se pro drcení křehkých, málo pevných materiálů. Povrch válců bývá hladký, rýhovaný se zuby či ostny atd.



Obr.4 Válcový drtič [7]

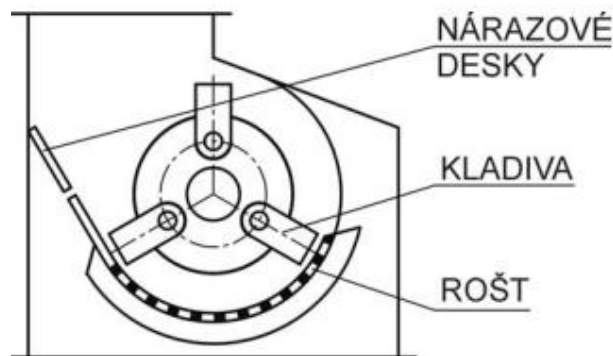
### 3 Drtiče působící dynamickou silou

Drtičů používaných k rozpojování dynamické síly je mnoho různých druhů a poddruhů s elementy různých tvarů najdeme je především pod názvy: kladivové a odrazové drtiče a jejich kombinace. Používají se pro jemné drcení materiálů, které jsou méně tvrdé. Výsledkem drcení je většinou požadovaná frakce s velkým množstvím frakce menší.

#### Kladivové, odrazové drtiče

Kladivové, odrazové drtiče se skládají z kladivových elementů, které jsou pevně nebo otočně uloženy na rotoru, nárazových desek a třídícího roštu (obr.5).

Materiál vstupující násypkou dopadá na rotor s elementy (kladivy). V první fázi je materiál rozpojován nárazem na rotující kladiva, v další fázi je odmršťován na nárazové desky a drcen tímto dopadem. V průběhu procesu je ještě materiál drcen nárazy mezi jednotlivými částicemi navzájem. Maximální velikost zrn při výstupu lze do určité míry regulovat velikostí otvorů v roštu nebo sítě, v případě výstupní desky, štěrbinou, pootevřením desky. [2] [3]



Obr.5 Popis Kladivového drtiče [3]

#### Literatura

- [1] BARTÁK, Jan. ENCYKLOPEDICKÝ DŮM, spol. s. r. o. Mala ilustrovaná encyklopedie od A po Ž. 1999. ISBN 80-86044-12-2.
- [2] Rozpojování [online]. In: 2020 [cit. 2022-08-26]. Dostupné z: [http://fzp.ujep.cz/ktv/uc\\_texty/pt3/5%20Rozpojovani.pdf](http://fzp.ujep.cz/ktv/uc_texty/pt3/5%20Rozpojovani.pdf)
- [3] Rozpojování: ČVUT - Brno [online]. In: 2021 [cit. 2022-08-26]. Dostupné z: [http://users.fsid.cvut.cz/~jiroutom/vyuka/hmz/hmz13\\_rv.pdf](http://users.fsid.cvut.cz/~jiroutom/vyuka/hmz/hmz13_rv.pdf)
- [4] Stroje a zařízení pro přípravu materiálů k výrobě betonové směsi [online]. In: 2022 [cit. 2022-08-26]. Dostupné z: [http://tstsw.cz/stavebni\\_stroj/predmet-bw03/prednaska-4](http://tstsw.cz/stavebni_stroj/predmet-bw03/prednaska-4)
- [5] MIKEL, Lukas. Výroba surového železa, oceli a litin [online]. In: 2021 [cit. 2022-08-26]. Dostupné z: <http://www.strojirenstvi.wz.cz/image.php?subject=1&class=1&topic=2&image=0>

- [6] JUNGA, Petr. TECHNIKA PRO ZPRACOVÁNÍ ODPADŮ [online]. In: 2021 [cit. 2022-08-26]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/9187174-Technika-pro-zpracovani-odpadu-1.html>
- [7] Drcení uhlí na menší frakce [online]. In: 2021 [cit. 2022-08-26]. Dostupné z: [http://podzemi.solvayovylomy.cz/prirucka/up\\_uhli/01.htm](http://podzemi.solvayovylomy.cz/prirucka/up_uhli/01.htm)

# PREDPOVEĎ NESTABILITY BRZDOVÉHO HLUKU KOMPLEXNOU ANALÝZOU VLASTNÝCH HODNOT

Lukáš HUDEC, Technická Univerzita vo Zvolene <sup>2</sup>

## 1 Úvod

Pískanie kotúčových brzd je neustále sa vyskytujúci problém v automobilovom priemysle, v najlepšom prípade sa jedná o nežiadúci dráždivý hluk a v horšom prípade potenciálny indikátor väčšieho problému brzdových doštičiek. Brzdový pisk je definovaný ako hluk generovaný vo vyšších frekvenčných rozsahoch zvyčajne viac ako 1 kHz, zatiaľ, čo iné zvuky, ako napríklad ston, sa vyskytuje pri nižších frekvenciách a sú zvyčajne spôsobené „stick-slip“ [1] javom, počas ktorého sa v systéme generuje dodatočná energia, ktorej príčinou je trecia sila ako funkcia rýchlosti. Vysokofrekvenčný hluk vzniká pri brzdení vozidla a za predpokladu, že brzdová doštička nie je v zlom stave, škripanie možno pripísať mechanizmu couplingu komplexných režimov tvarov disku. Veľké množstvo literatúry na túto tému naznačuje, že práve tento jav „mode-couplingu“ je primárnou príčinou nástupu škripania brzd, a preto je prvoradé takpovediac oddeliť komplexné režimy cieľenou koštrukčnou úpravou brzdových častí. Tento proces je súčasťou procesu postupov v automobilovom priemysle pri navrhovaní brzd NVH (hluk, vibrácie, tvrdosť) testovania.

Uskutočnilo sa už veľké množstvo výskumu na „mode-coupling“ jave. Výskum na odstránenie pískania brzd sa začal okolo roku 1930 so zameraním na experimentálne metódy na brzdách, po ktorých nasledovalo navrhnutie jednoduchých diskretných numerických modelov. Neskôr sa dôsledkom zvýšenia dostupného výpočtového výkonu počítačou výrazne uľahčilo diskretizovanie na konečné elementy metódou konečných prvkov. CEA a dynamická analýza prechodových javov, ktoré fungujú na základe MKP sú dnes základnými spôsobmi predpovedania brzdového pisku v automobilovom priemysle. CEA je preferovaný pre menšie výpočtové požiadavky a jeho prepojenie s modálnym priestorom. Kde na rozdiel od formulácie MKP riešenie pozostáva so sústavou nezávislých rovníc. Medzi prvými publikovanými prácami o komplexnej analýze vlastných čísel a jej použití na brzdovom systéme boli Liles et al. [2].

Výsledok CEA nám poskytuje informácie o nestabilite na frekvenčnom spektre a o komplexných tvaroch režimov disku. Na predpovedanie nestability brzd sa v tejto práci vykonáva CEA analýza na zostave pozostávajúcej z brzdového kotúča, brzdových doštičiek, podložiek a piestu s cieľom odhaliť nestability v systéme, a teda predpovedať potenciálne pískanie. Úplná eliminácia pískania brzd stále zostáva trochu iluzívnym problémom, pretože systémové parametre je potrebné korelovať a treba vykonať ich úpravu, aby bol MKP v súlade s nameranými experimentálnymi údajmi. Nelinearity, ktoré vznikajú v dôsledku interakcií dielov medzi dielmi, sa ukazujú ako častý zdroj ťažkostí. V porovnaní s tvarom reálnych režimov má komplexný režim fázový uhol ako jeho imaginárnu časť, a preto body, ktoré tvoria tvar režimu, neprechádzajú súčasne cez svoje equilibrium. Implementácia CEA v ABAQUS využíva metódu projekcie do podpriestoru. V tejto implementácii je odozva založená na priamom riešení

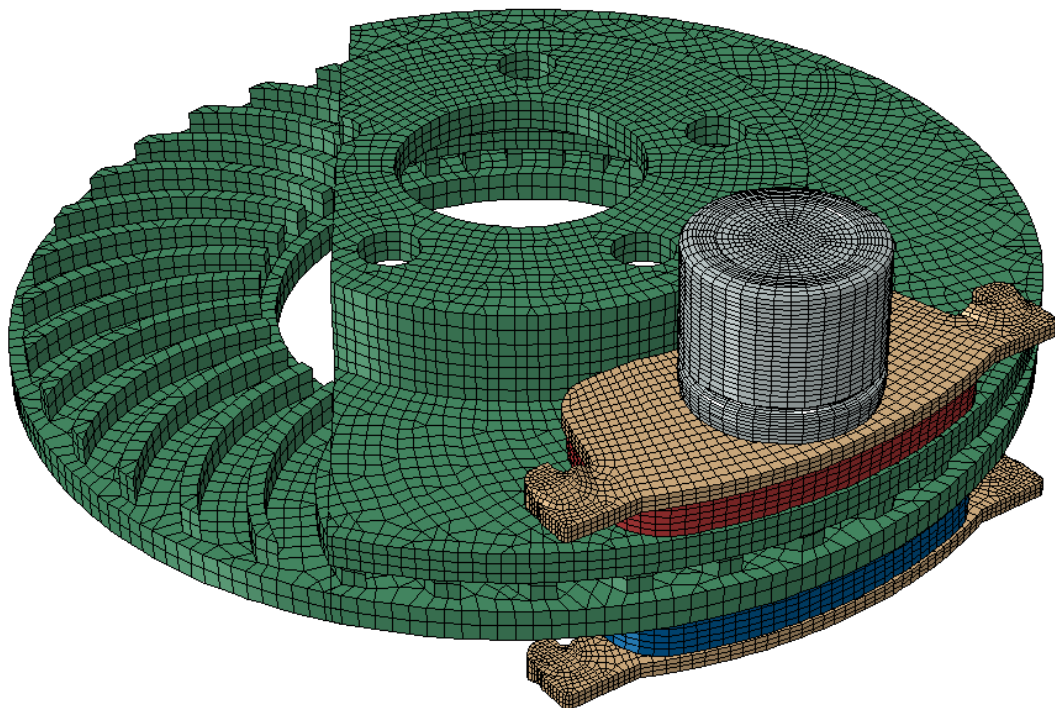
---

<sup>2</sup> Ing. Lukáš Hudec  
Technická Univerzita vo Zvolene, Fakulta techniky  
Študentská 26, 960 01 Zvolen, Slovenská republika  
e-mail: hudec.luk14@gmail.com



dynamických rovníc z ustáleného stavu premietnutých do podpriestoru netlmených režimov. Metóda je založená na myšlienke, že množstvo režimov netlmeného systému, ktoré spadajú do rozsahu príslušných budiacich frekvencií, správne odráža vynútené ustálené vibrácie. Premietaním rovníc dynamickej rovnováhy do podpriestoru zvolených režimov vzniká systém komplexných rovníc. Tento systém rovníc sa potom rieši pre modálne amplitúdy, ktoré sa potom použijú na výpočet uzlových posunov, napätí atď. Je to metóda nadmernej predikcie, čo znamená, že nie všetky predpovedané režimy nevyhnutne generujú pískot bŕzd v reálnych prevádzkových podmienkach. Výhodou CEA oproti modálnej analýze prevedenej v ABAQUSE je schopnosť zakonponovať trenie a tlmiace účinky medzi časťami.

Ako už bolo spomenuté, hlavným javom zodpovedným za pískanie bŕzd je "mode-coupling" režimov systému, nazývaná aj ako vlastné vektory. Tieto tvary vidov sa vyskytujú na vlastných frekvenciách systému, ktoré sa tiež nazývajú vlastné hodnoty. Tieto sú odvodené od tvaru, tuhosti, hustoty, schopnosti tlmenia a mnohých interakcií príslušných častí mechanického systému. Aj, keď má spojitú continuum nekonečný počet vlastných hodnôt a vlastných vektorov, je to len konkrétna interakcia medzi niektorými z nich, ktorá spôsobuje pískanie bŕzd. Konkrétnejšie, najmä "out-of-plane" režimy majú tendenciu silne korelovať so škrípaním bŕzd. Režim "out-of-plane" sa môže zlúčiť s "in-plane" režimom a výsledkom je komplexný režim, pri ktorom je vysoká pravdepodobnosť, že bude nestabilný a spôsobí pískanie bŕzd.



Obr.1 Model konečných prvkov zostavy vetranej kotúčovej brzdy

Pretože písk je komplexný jav, faktory, ako je trecia interakcia medzi časťami, najmä brzdovými doštičkami a rotorom preukázali, že majú významný vplyv na stabilitu systému, ako je uvedené v Dunlap et. al [3]. Zavádzame Coulombovo trenie medzi

podložkami a kotúčom a opakujeme CEA pre každú hodnotu  $\mu_i = 0,3, 0,5, 0,7$ . Je potrebné poznamenať, že koeficient trenia sa v reálnom scenári pohybuje medzi  $0,3 \div 0,4$ , pričom vyššie hodnoty začínajú byť bežnejšie so zavádzaním modernejších materiálov. Okrem toho sa táto práca pozerá na vplyv tvaru podložky na nestabilitu systému, ktorá má významný vplyv na výsledky CEA, v práci sú predložené rôzne variácie podložiek.

## 2 Materiály a metódy

Na CAD zostave kotúčovej brzdy s plávajúcim strmeňom sa vytvorí sieť konečných prvkov. Daná brzdová zostava je reprezentatívna typickému dizajnu, ktorí môžeme nájsť u mnohých komerčných automobiloch dnes. Dizajn disku je typický vetraní kotúč s rebrami na rozptyl teploty pri brzdení. Predspracovanie siete sa uskutočnilo pomocou softvéru HYPERMESH, kde sa v prípade potreby vytvorila štruktúrovaná jemná sieť hexaedrických elementov prvého stupňa a na zvyšok sa použila hybridná sieť hexaedrických a päťstenných elementov. Na výpočet riešenia sa používa implicitný solver ABAQUS. Materiál obloženia brzdovej platničky je definovaný ako anizotropný materiál, zatiaľ čo zvyšok používa izotropný elastický materiál. Na montážne otvory kotúča sú aplikované pevné okrajové podmienky. Na uši brzdových platničiek sa aplikujú okrajové podmienky tak, aby umožňovali pohyb v smere prítlaku, aby brzdové doštičky mohli upnúť kotúč. Piest leží vo vnútri puzdra a dostáva sa do pohybu aplikáciou tlaku dokiaľ nezačne tlačiť na brzdové platničky. V prvom kroku simulácie sa vytvoria kontakty pre trecie plochy súčastičky. V druhom kroku sa aplikuje rotácia na kotúč. V treťom kroku sa vykoná modálna analýza a extrahujú sa prirodzené frekvencie. Extrakcia vlastnej frekvencie je nevyhnutným predpokladom pre extrakciu komplexných vlastných hodnôt metódou CEA. Posledným krokom je samotná komplexná analýza vlastných hodnôt, kde sa extrahujú komplexné vlastné hodnoty systému. Tento postup sa potom opakuje s rôznymi koeficientmi trenia. Príspevok trenia vedie k asymetrickej matici tuhosti systému, čo vedie ku komplexnému riešeniu. Stabilita systému môže byť vykreslená na grafe, ako frekvencia a skutočná časť komplexnej vlastnej hodnoty, kde prvá je na zvislej osi a druhá na osi vodorovnej. Z tohto grafu stability budú negatívne módy vyskytujúce sa na zápornej strane potlačené a módy na pravej strane sú potom nestabilné frekvencie. Ako už bolo spomenuté, nie všetky tieto nestabilné frekvencie však budú zodpovedať pískaniu bŕzd v reálnom systéme kvôli nadmernej predikcii CEA. Ak má systém záporný koeficient tlmenia, znamená to, že sa nerozptyľuje, ale namiesto toho generuje energiu do systému. Zmena hodnoty koeficientu trenia má za následok zmenu stability systému. Pre základné pochopenie CEA rovnica má pre viacstupňový systém konečných prvkov s maticou hmotnosti, tuhosti a tlmenia tvar:

$$[M]\{\ddot{x}\} + [C]\{\dot{x}\} + [K]\{x\} = 0 \quad (1)$$

Homogénna maticová diferenciálna rovnica druhého rádu má komplementárne riešenie, ktoré má nasledujúci tvar:

$$\{u\} = \{\varphi\}e^{\lambda t} \quad (2)$$



Riešením a dosadzovaním dostaneme výsledok v podobe komplexného riešenia vlastných čísel.

$$([M]\lambda^2 + [C]\lambda + [K])\{\varphi\} = \{0\} \quad (3)$$

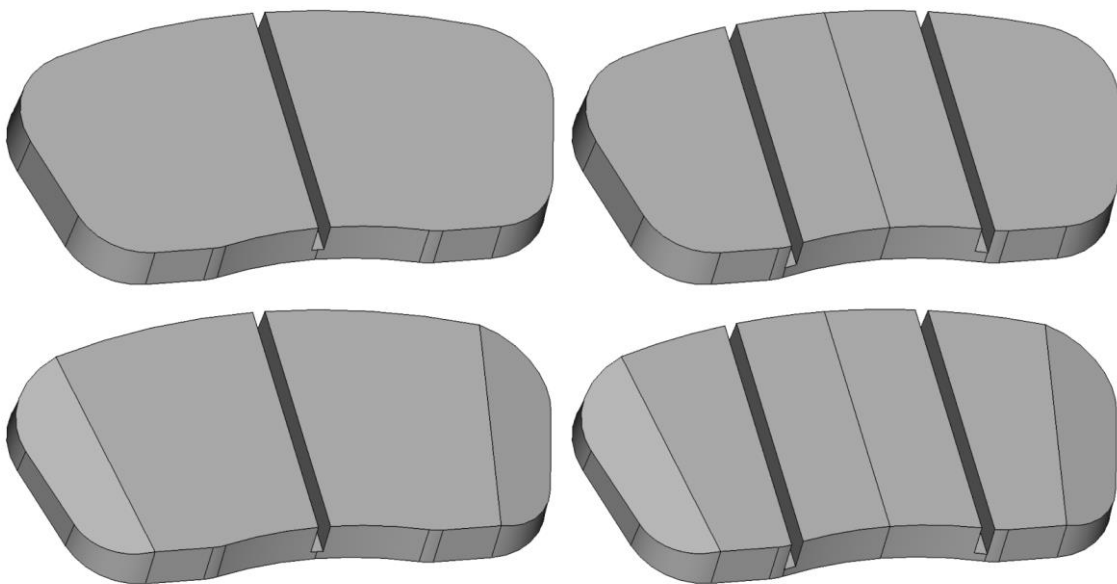
Pár vlastných hodnôt pre daný režim je komplexná. Vlastné hodnoty pre podtlmené systémy sa vždy objavujú v komplexných pároch v tvare:

$$\lambda_i = \sigma_i + j\omega_i \quad (4)$$

$\sigma$  označuje reálnu časť a  $\omega$  imaginárnu časť.  $\sigma$  označuje koeficient tlmenia a  $\omega$  tlmenú vlastnú frekvenciu, ktoré opisujú tlmený sínusový pohyb. Posun uzlov môže byť prepísaný ako periodická vlna.

$$\{x_i\} = \{\varphi_i\}e^{\sigma_i t} \cos \omega_i t \quad (5)$$

Výsledky simulácie sú znázornené v grafoch pomeru tlmenia znázornených na 3 - 6. V prípade 3 je možné vidieť, že nestabilita nastáva pri asi 9 kHz s koeficientom trenia 0,3. Ako sa koeficient trenia zvyšuje, objavujú sa nové nestabilné režimy v nižších frekvenčných rozsahoch, ktoré naznačuje, že sa viac susedných režimov spája a stáva sa nestabilným.



Obr.2 Tvary platničiek

### 3 Záver

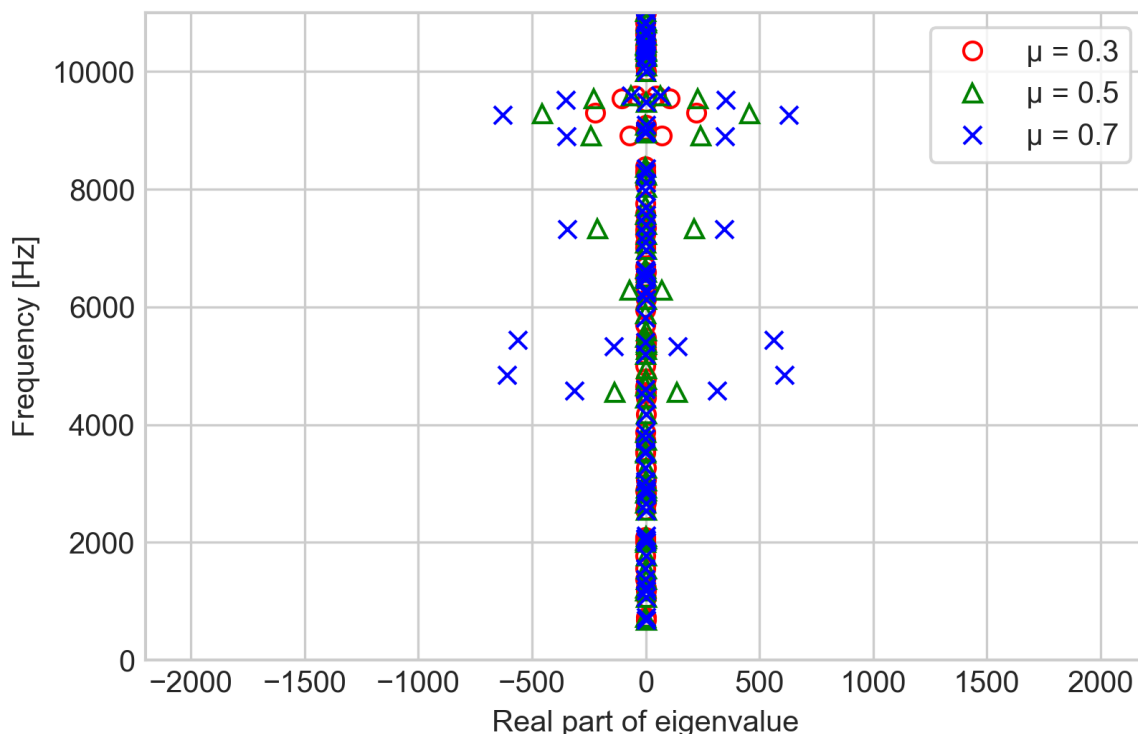
Výsledok ukazuje, že k zmene nestability systému dochádza v dôsledku koeficientu trenia medzi podložkami a kotúčom. Ako je uvedené v prípadoch [2] a [4], uká-

zalo sa, že trenie medzi podložkami a diskom zohráva veľkú úlohu v nestabilite systému. Na obr. 3 až 6 sú rôzne nestabilné režimy vynesené do diagramu stability, ktorý ukazuje, na akých frekvenciách sa nestabilita systému vyskytuje. Bez zabudovaného tlmenia grafy stability ukazujú symetriu medzi kladnými a zápornými reálnymi časťami vlastnej hodnoty. Porovnanie výsledkov z 3 - 4 ukazuje, že vyššie hodnoty koeficientu trenia vedú k novým nestabilným režimom. Je viac než pravdepodobné, že je to spôsobené niektorými tesne umiestnenými reálnymi režimami, ktoré sa spájajú do nestabilného komplexného režimu. Taktiež možno povedať, že nestabilita systému sa zvyšuje so zvyšujúcim sa koeficientom trenia, čo sa zhoduje so známym výskumom.

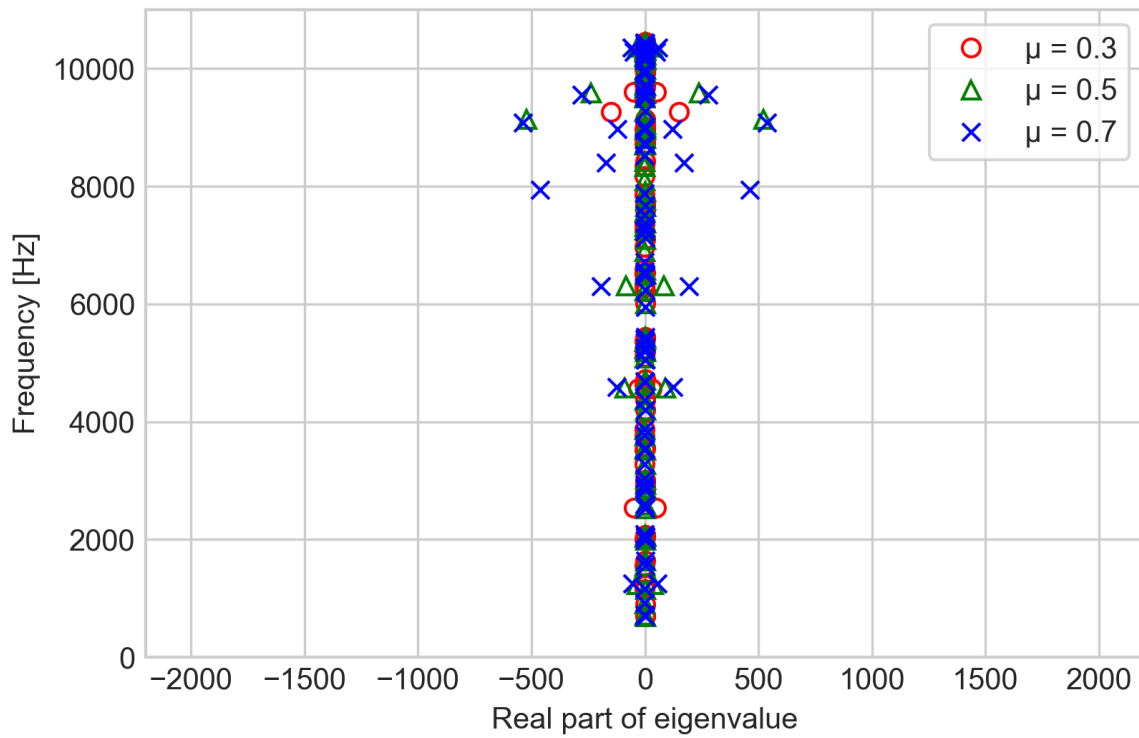
Zavedenie zárezov a skosení viedlo k značne odlišným diagramom stability. Ako je zrejmé z obrázkov, zavedenie skosenia malo najväčší vplyv na stabilitu systému. To sa zhoduje s Nouby et al [5]. Okrem toho sa zistilo, že rôzne štrbiny v tvaroch podložiek zmenili diagram stability v prospech dizajnu jednej štrbiny. Je potrebné poznamenať, že výsledky sa môžu výrazne líšiť pri použití rôznych typov brzdových platničiek.

Bola vykonaná komplexná analýza stability vlastných hodnôt a prezentované zistenia z výskumu ukazujú nasledujúce závery. Určilo sa, ako niekoľko parametrov konštrukcie brzd ovplyvňuje pravdepodobnosť pískania. Parametrické štúdie možno zhrnúť takto:

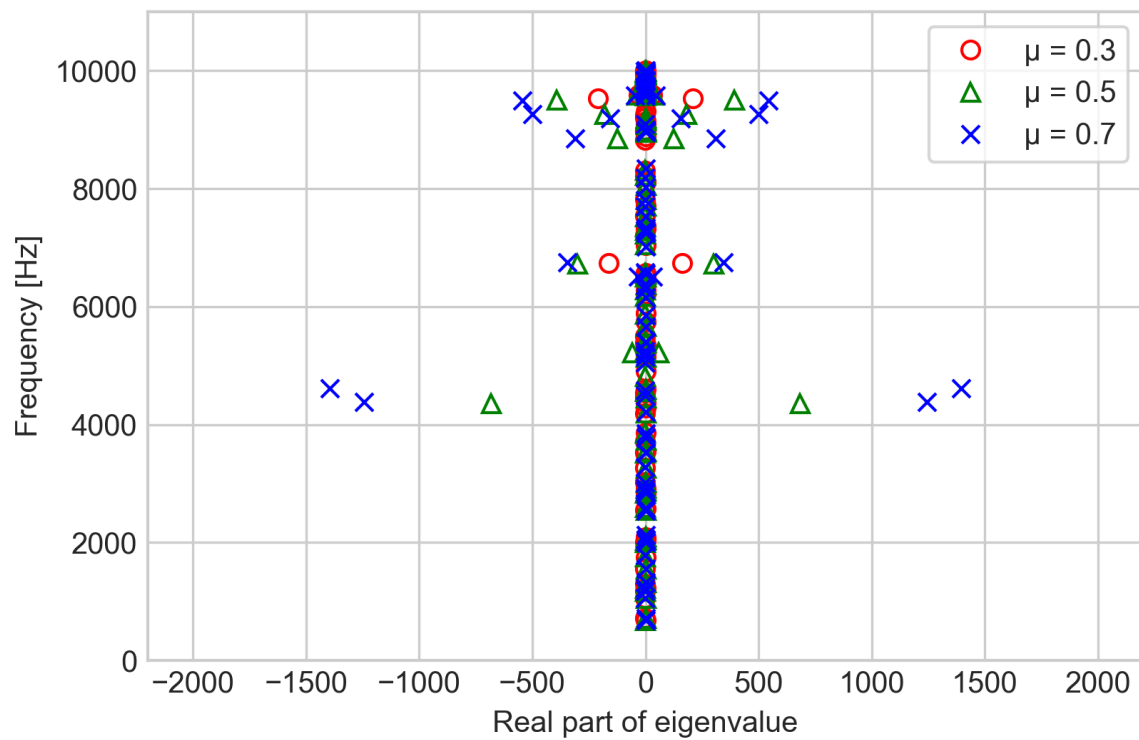
- Vyšší koeficient trenia spôsobuje vyššiu nestabilitu systému.
- Skosené hrany a drážky majú veľký vplyv na stabilitu systému.
- Dizajn s jedným slotom sa ukázal, ako lepší pre stabilitu systému.



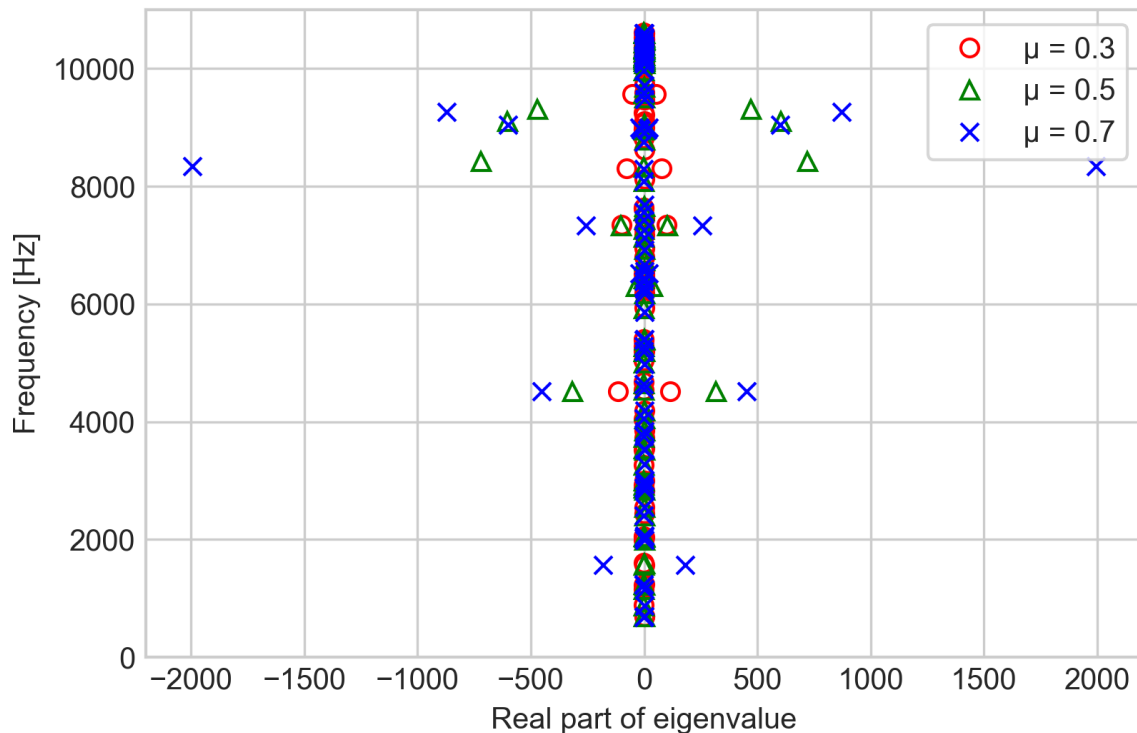
Obr.3 1 zárez zo skosením



Obr.4 1 zárez bez skosenia



Obr.5 2 zárezy zo skosením



Obr.6 2 zářezy bez skosenia

## Literatura

- [1] Mills, H.R. Brake Squeak; Institution of Automobile Engineers, 1938.
- [2] Liles, G.D. Analysis of Disc Brake Squeal Using Finite Element Methods. In Proceedings of the SAE Noise and Vibration Conference and Exposition, 1989, p. 891150. <https://doi.org/10.4271/891150>.
- [3] Dunlap, K.B.; Riehle, M.A. and R.E. Longhouse. An Investigative Overview of Automotive Disc Brake Noise. In Proceedings of the International Congress & Exposition, 1999, pp. 1999-01-0142. <https://doi.org/10.4271/1999-01-0142>.
- [4] Liu, P.; Zheng, H.; Cai, C.; Wang, Y.; Lu, C.; Ang, K. and G. Liu. Analysis of Disc Brake Squeal Using the Complex Eigenvalue Method. Applied Acoustics 2007, 68, 603–615. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2006.03.012>.
- [5] Nouby, M.; Mathivanan, D. and K. Srinivasan. A Combined Approach of Complex Eigenvalue Analysis and Design of Experiments (DOE) to Study Disc Brake Squeal. Int. J. Eng. Sci. Tech 2010, 1, 254–271. <https://doi.org/10.4314/ijest.v1i1.58084>.

# IMPLEMENTACE VIBRAČNÍ DIAGNOSTIKY DO SYSTÉMU ÚDRŽBY PAPIRENSKÉHO STROJE

Ladislav CHALÁNEK, SKF CZ, a.s., Ostrava <sup>3</sup>

Poznámka: Text příspěvku zpracován dle dodané PowerPointové prezentace.

## 1 Papírenská výroba v ČR

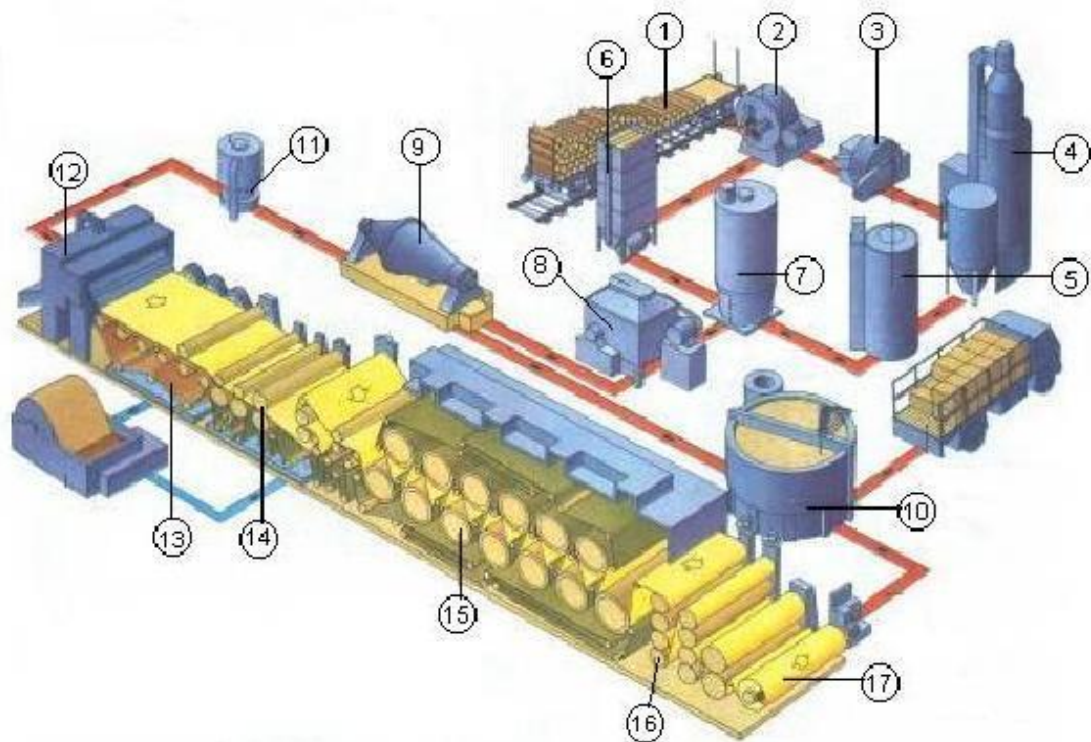
- **Mondi, Štětí** - největší producent v ČR, kombinace mnoha druhů výr. linek,
- **Smurfit Kappa, Brno, Olomouc ...** - výroba kartonů pro zásilky,
- **OP papírna, Olšany nad Moravou** - výroba gastro papíru,
- **Huhtamaki, Přibyslavice** - výroba krabiček na vajíčka.



---

<sup>3</sup> Ing. Ladislav Chalánek  
SKF CZ, a.s.  
Technologická 374/6, 708 00 Ostrava-Pustkovec  
mobil: +420 603 489 261, e-mail: ladislav.chalanek@skf.com





### Postup výroby papíru

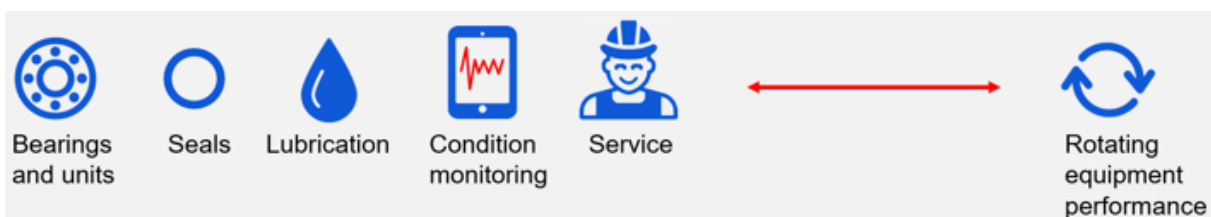
Polena (1) se zbaví kůry (2) a rozsekají se na štěpky (3). Štěpky se vaří s chemikáliemi (4), vytvořená buničina se vyčistí (5). Vlákna se může připravit i rozbroušením dřeva (6). Z bělirny (7) putuje hmota do rozvlákňovače (8) do kuželového mlýna (9). Sem přichází i rozvlákněný sběrový papír (10). V třídíči (11) se odstraní nečistoty a papírovina se vlévá do papírenského stroje (12). Z papíroviny se pomocí sít (13), lisovacích (14) a sušících (15) válců odstraní voda a vyhlazený papír (16) se navíjí do velkých rolí (17).

## 2 Papírenský stroj - Condition monitoring

### A. Zadání projektu

**Snížit neplánované odstávky za předpokladu zvyšování úrovně údržby:**

- snížení technických prostojů,
- plánovaná účinnost prostojů,
- snížení nákladů na údržbu,
- optimalizace skladu náhradních dílů.



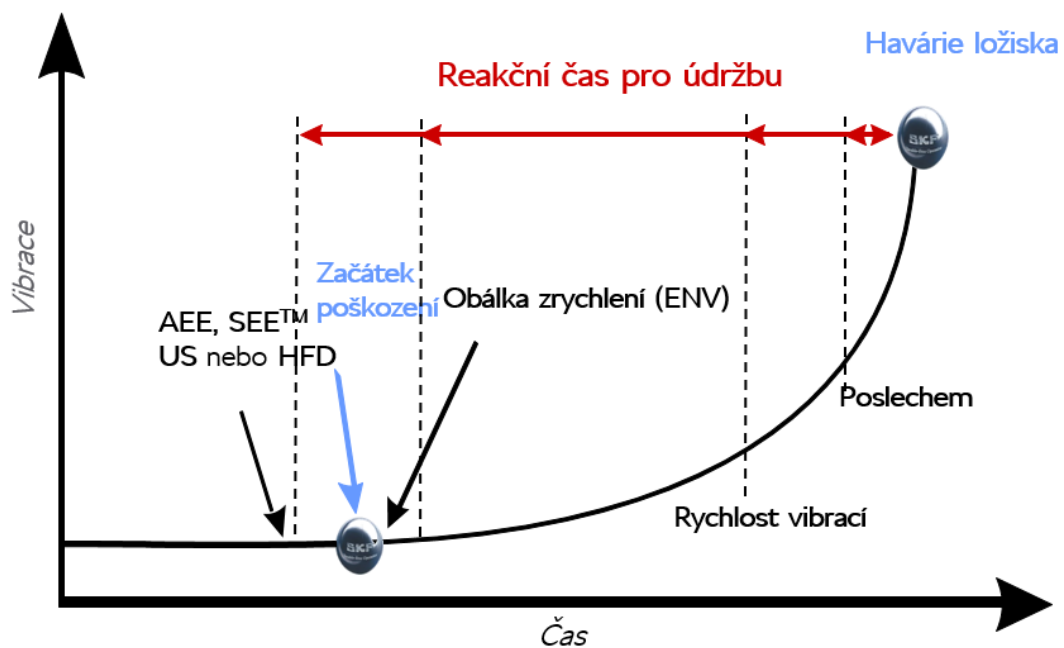
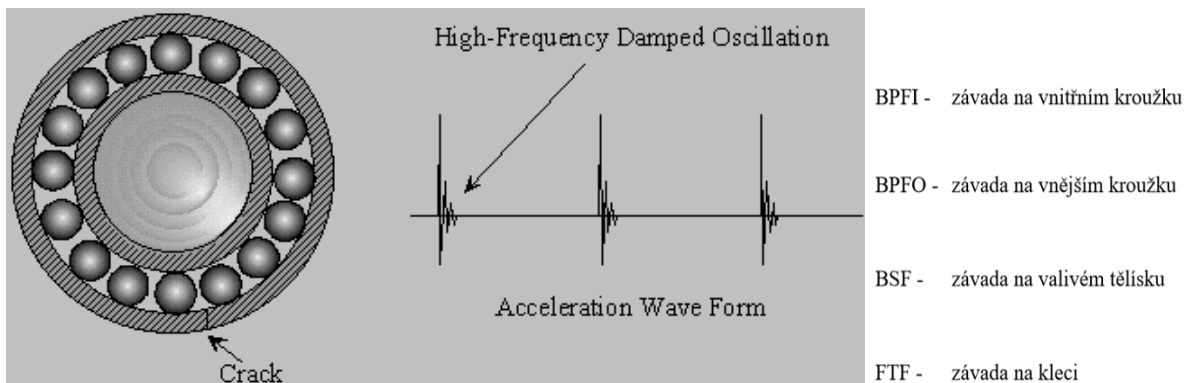
## B. Vibrace jsou symptomem

### VIBRACE jsou nejlepším parametrem pro ohodnocení stavu ROTAČNÍCH STROJŮ

Avšak:

- vibrace jsou **symptomem**, né samotným **problémem** - zvýšení vibrací je symptomem, že **se ve stroji vyskytuje jiný problém**.
- monitorování **stavu valivých ložisek**, je založeno na měření vibrací, avšak vyžaduje speciální metody úpravy signálu.

## C. Poškození valivých ložisek



## D. Rozdělení strojů dle kritičnosti

Úroveň kritičnosti	CoMo Hardware	Význam
D	Pochůzková diagnostika	Nízkokritické stroje bez závažného vlivu na odstavení výroby
C	Pochůzková diagnostika	Středně-kritické stroje
B	Pochůzková / Online systém	Kritické stroje s významným dopadem na schopnost výroby
A	Online systém	Porucha stroje znamená odstavení výroby

## E. Condition monitoring

Údržba založená na stavu (CBM) - Pochůzková / Online diagnostika

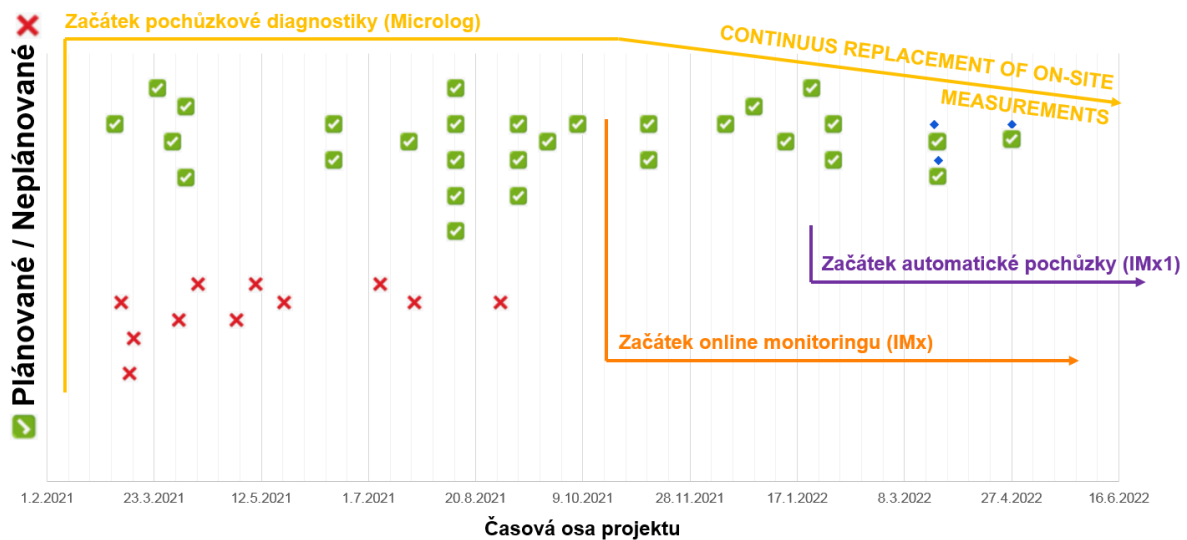
- Sběr předběžných informací, prohlídka strojů, plánování projektu
- Nastavení databáze a pochůzky v software Enlight
- Inspekční program:
  - Zvýšení přehlednosti a technickém stavu strojů
  - Monitoring celkových vibrací
  - Monitoring teploty

Online sledování vibrací

- Zvýšený počet vzorků dat
- Flexibilnější možnosti nastavování databáze
- Úspora času zaměstnanců (není potřeba fyzické pochůzky)

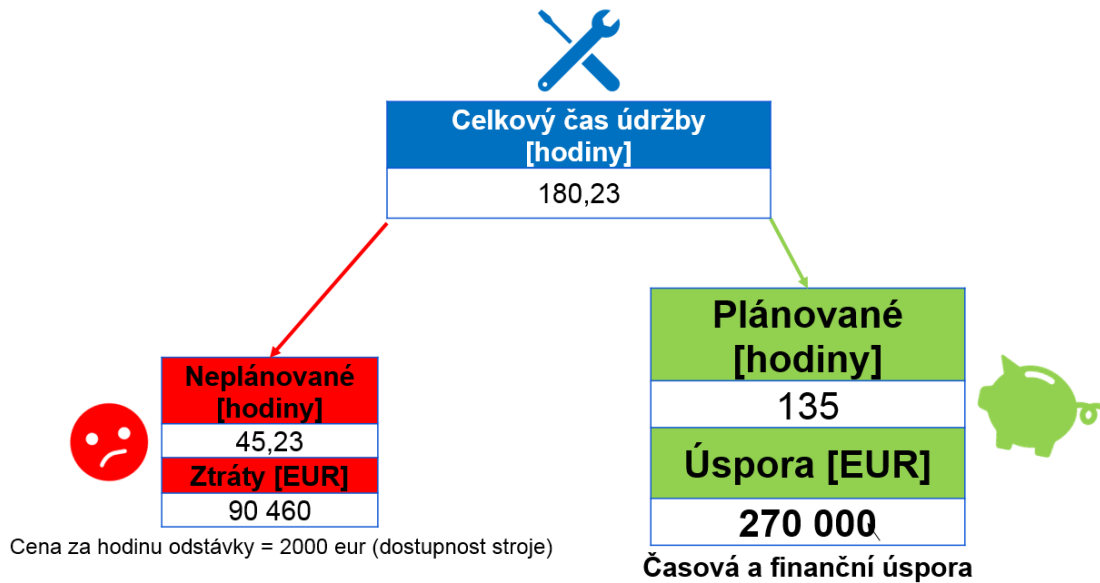
## 3 Hodnocení po prvním roku projektu

Přehled plánovaných a neplánovaných odstávek na papírenském stroji



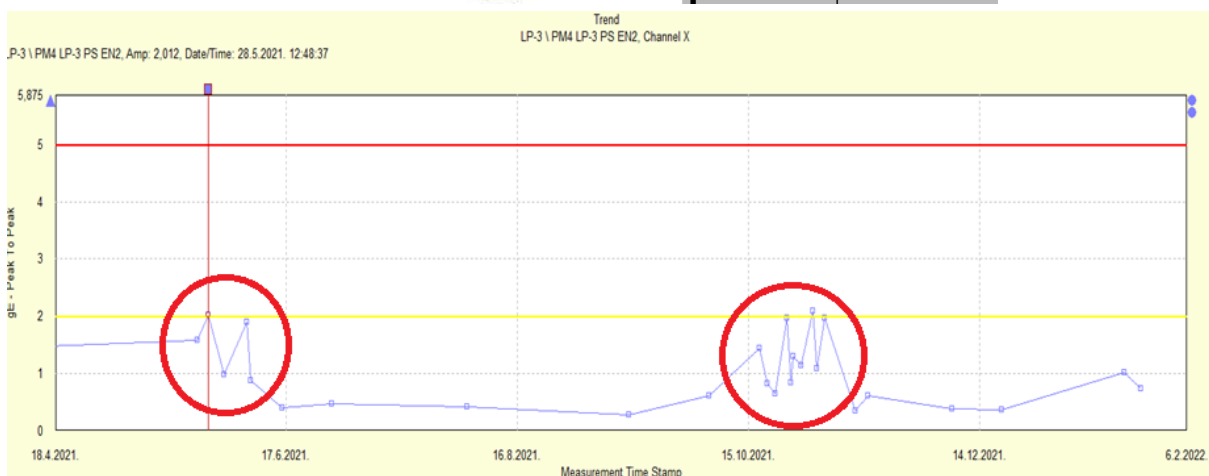
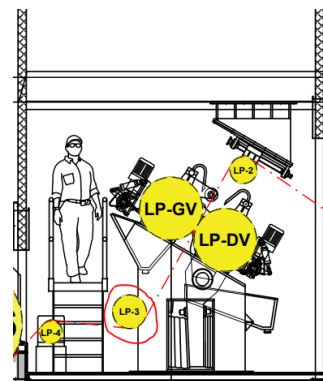


## Kalkulace celkových nákladů a úspory



## 4 Příklady detekce poškození valivých ložisek

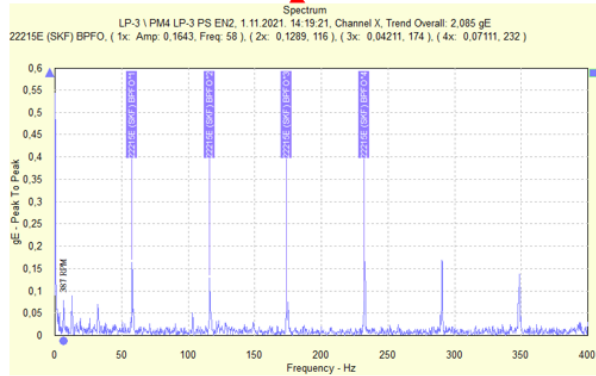
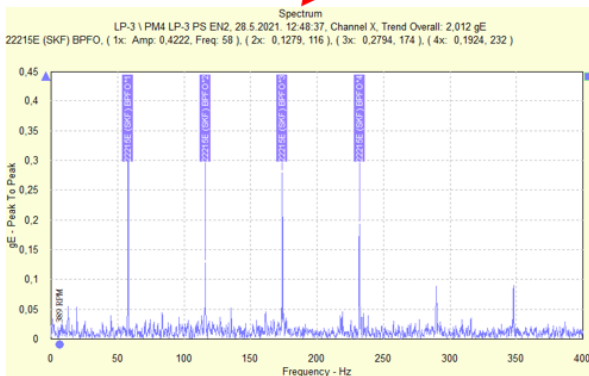
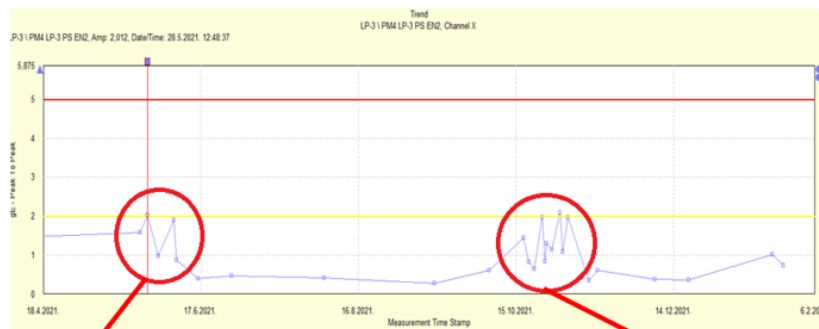
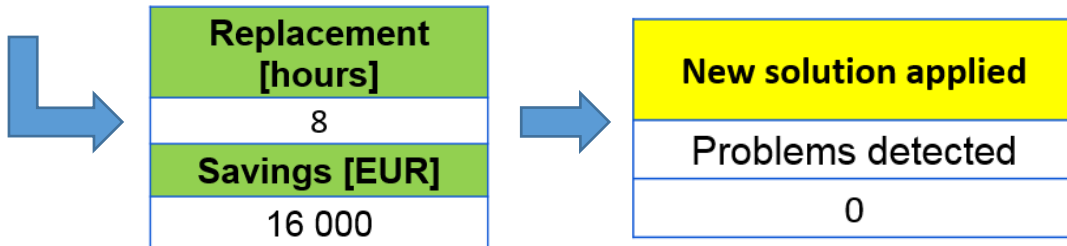
### A. LAJM PRESS - LP3 - MICROLOG MEASUREMENT



## B. DETAILS OF STUDY CASE #2 - LP3

Bearing defect detected two times.

Symptoms of BPFO (bearing outer ring defect)



## C. REPLACED BEARING - LAJM PRESS - LP3

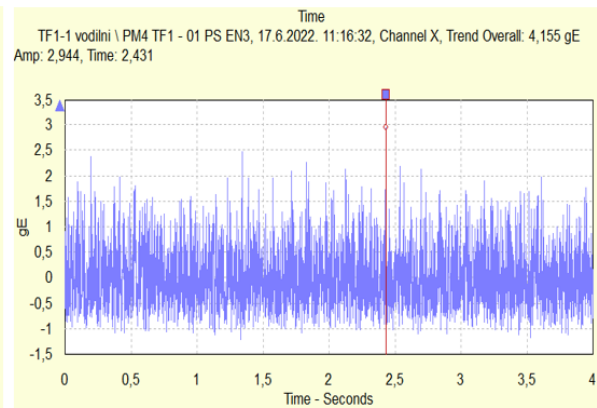
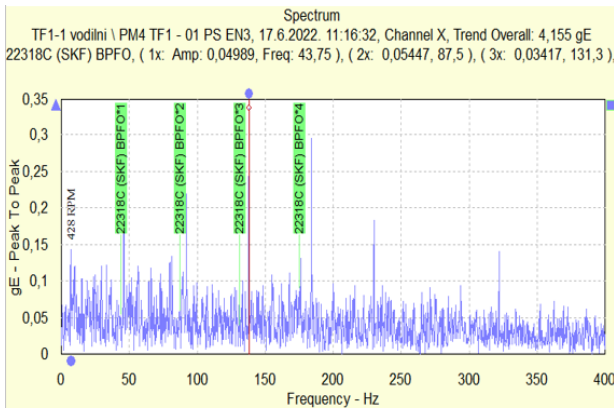
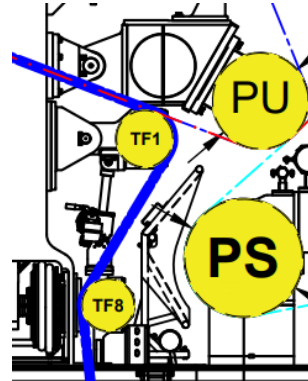


RDC findings were confirmed during bearing defect analysis



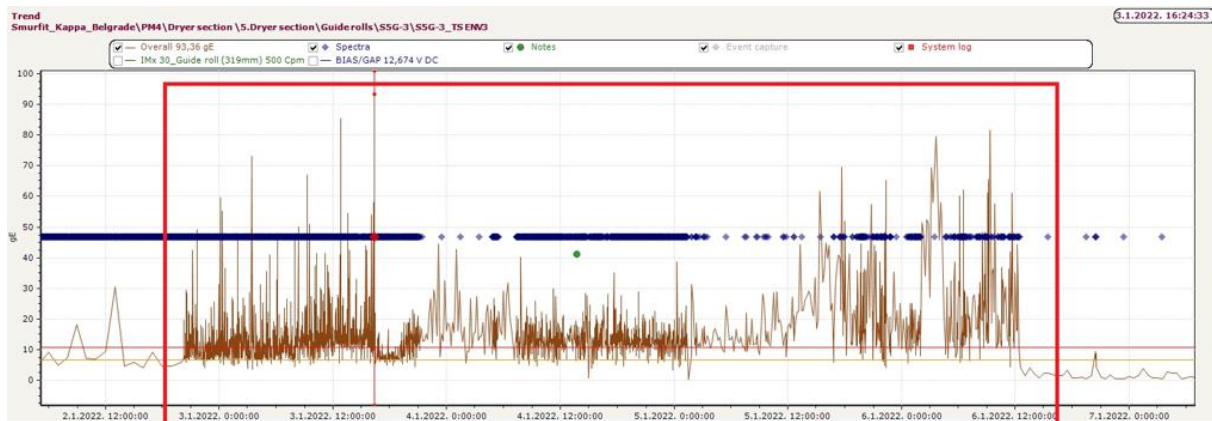
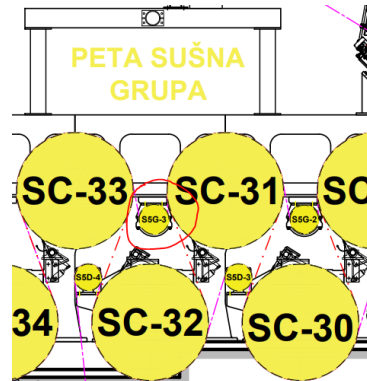
## D. LAJM PRESS - TF1 DS

- standart route measurement by SKF Microlog,
- RDC detected BPFO symptom of outer ring defect,
- bearing was change in the planned shutdowns.

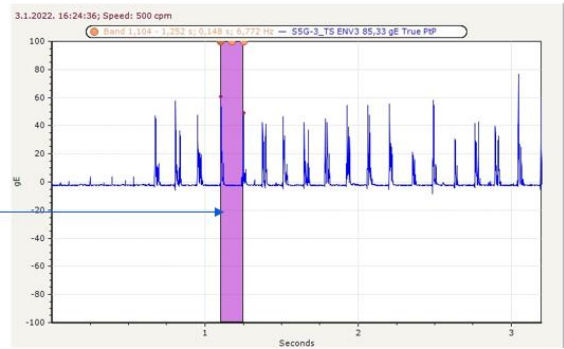
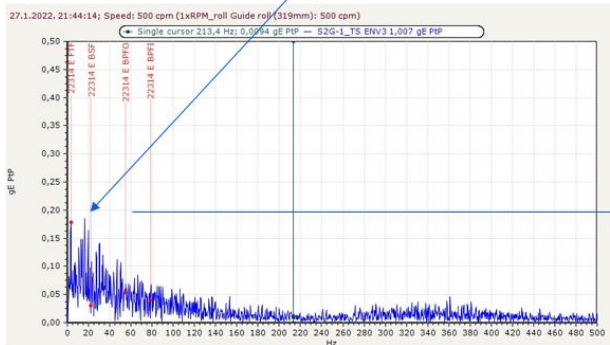
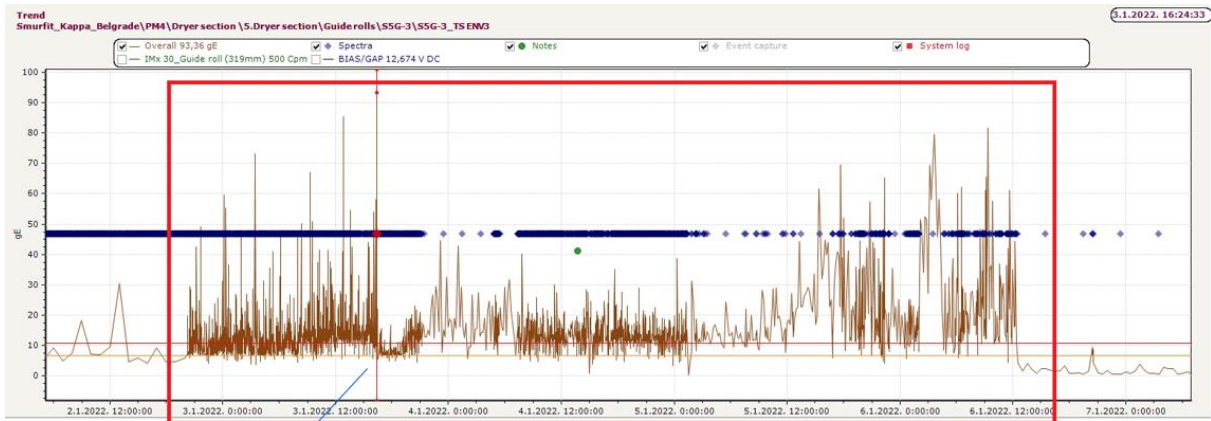


### E. Guide roll S5G3 - TS

- online measurement by SKF Imx 8,
- RDC detected problem with sleeve looseness,
- during the maintenance inspection was detected burned grease,
- bearing was change in the planned shutdown.







# KONTROLA POŁOŻENIA UCHWYTÓW NOŻOWYCH W ZROBOTYZOWANEJ TECHNOLOGII WYTWARZANIA ORGANÓW ROBOCZYCH GÓRNICZYCH MASZYN URABIAJĄCYCH

**Amadeus JAGIEŁA-ZAJĄC**, Politechnika Śląska, Wydział Górnictwa, Inżynierii Bezpieczeństwa i Automatyki Przemysłowej, Katedra Mechanizacji i Robotyzacji Górnictwa <sup>4</sup>

## Anotacje

Zgodność z projektem ustawienia noży na organie roboczym górniczej maszyny urabiającej jest podstawowym warunkiem, którego spełnienie zapewnia efektywny przebieg procesu urabiania. Głowice/organy urabiające kombajnów górniczych są projektowane bowiem za pomocą narzędzi komputerowych z uwzględnieniem warunków, w jakich pracował będzie kombajn. Stereometria głowicy jest optymalizowana pod kątem wybranych kryteriów na podstawie symulacji komputerowej procesu urabiania. Stosowane w produkcji odzyskiwane korpusy głowic urabiających są regenerowane w procesie remontowym. Zapewnienie zgodności ich wymiarów z nominalnymi jest pracochłonne i podnosi koszty produkcji. Odchyłki wymiarowe korpusów głowic urabiających determinują potrzebę kontroli w czasie rzeczywistym położenia uchwytów nożowych względem pobocznicy głowicy urabiającej w trakcie ich pozycjonowania podczas montażu z wykorzystaniem technologii zrobotyzowanej.

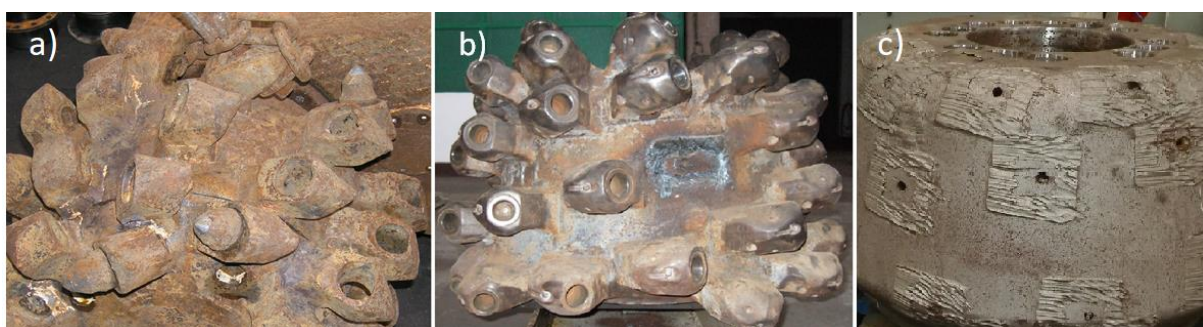
## 1 Wstęp

Zgodność wyrobu finalnego z projektem zwłaszcza w zakresie ustawienia noży na organie roboczym górniczej maszyny urabiającej jest warunkiem koniecznym do zapewnienia efektywnego przebiegu procesu urabiania skał. Głowice/organy urabiające kombajnów górniczych są projektowane bowiem za pomocą narzędzi komputerowych do warunków, w jakich pracował będzie kombajn. Stereometria głowicy jest optymalizowana pod kątem wybranych kryteriów na podstawie symulacji komputerowej procesu urabiania. Do podstawowych kryteriów doboru układu noży zaliczyć należy: minimalizację energochłonności, obciążeń dynamicznych i drgań, oraz maksymalizację wydajności urabiania [1–6]. Stosowane w produkcji odzyskiwane korpusy głowic urabiających są regenerowane w procesie remontowym (rys.1). Zapewnienie zgodności ich wymiarów z nominalnymi jest pracochłonne i podnosi koszty produkcji. Odchyłki wymiarowe korpusów głowic/organów urabiających determinują zatem potrzebę kontroli (w czasie rzeczywistym) położenia uchwytów nożowych względem pobocznicy głowicy/organu urabiającego w trakcie ich montażu. Dotyczy to zwłaszcza wykorzystania technologii zrobotyzowanej. Zapewnienie odpowiedniego ustawienia uchwytów nożowych, aby możliwe było ich przyspawanie, jest możliwe dzięki adaptacyjnemu sterowaniu robotów na stanowisku do montażu

---

<sup>4</sup> Mgr inż. Amadeus Jagieła-Zajac  
Politechnika Śląska, Wydział Górnictwa, Inżynierii Bezpieczeństwa i Automatyki Przemysłowej,  
Katedra Mechanizacji i Robotyzacji Górnictwa  
ul. Akademicka 2, 44-100 Gliwice  
e-mail: amadeus.jagiela-zajac@polsl.pl

uchwyty nożowych. Taki sposób sterowania umożliwia korygowanie ustawienia uchwytu (bez zmiany ustawienia noża), tak aby uzyskać jak najlepsze położenie podstawy uchwytu względem powierzchni pobocznic organu roboczego, do której ma on być przyspawany. Pomiar on-line rozkładu rzeczywistych odległości podstawy uchwytów nożowych od pobocznic organu roboczego maszyny urabiającej w miejscu ich montażu da możliwość wprowadzenia korekty ustawienia uchwytów nożowych, takiej aby nie doszło do kolizji uchwytów z kadłubem organu roboczego podczas jego pozycjonowania za pomocą robota. Automatyczna korekta ustawienia uchwytów nożowych podczas ich pozycjonowania ma zapewnić odpowiednie warunki dla wykonania połączenia spawanego z kadłubem wytwarzanego organu roboczego maszyny urabiającej.



Rys.1 Głowice urabiające wysięgnikowego kombajnu chodnikowego: a) wycofane z eksploatacji, b) w trakcie usuwania uchwytów nożowych c) po usunięciu uchwytów nożowych

## 2 Stanowisko doświadczalne

Idea pomiaru sprowadza się do określenia położenia przestrzennego siatki punktów rzutowanych na powierzchnię pobocznic głowicy urabiającej, za pomocą lasera wyposażonego w siatkę dyfrakcyjną (51x51 punktów). To urządzenie projekcyjne jest zamontowane na ramieniu robota pozycjonującego uchwyt nożowy [7,8]. Wykorzystuje się tu metodę dwuobrazową (stereofotogrametryczną). Gęstość siatki markerów rzutowanej na rekonstruowaną w ten sposób powierzchnię pobocznic została tak dobrana, aby możliwe było z jednej strony wystarczająco dokładne (dla przedstawionego zadania) odwzorowanie jej kształtu [9]. Z drugiej zaś strony - aby możliwe było ograniczenie do minimum ilość danych pomiarowych, a tym samym wyeliminować nadmiarowość przetwarzanych informacji, jak to ma miejsce np. w przypadku skanowania. Duża ilość zbędnych danych niepotrzebnie komplikowałyby procedurę pomiarową oraz wydłużałaby czas jej realizacji. Negatywnie wpływałoby to na timing stacji zrobotyzowanej oczekującej na wyznaczenie wyniku pomiaru.

Testowanie opracowywanej metody pomiarowej przeprowadzono w Laboratorium Robotyki Katedry Mechanizacji i Robotyzacji Wydziału Górnictwa Inżynierii Bezpieczeństwa i Automatyki Przemysłowej Politechniki Śląskiej na stanowisku pomiarowym (rys.2a–c). Wyposażono je w dwa roboty przemysłowe firmy KUKA (KR 16-2, KR 5). Robot KR 16-2 wyposażony w chwytak jest przeznaczony do pobierania z zasobnika i pozycjonowania uchwytów nożowych oraz pozycjonowania urządzenia projekcyjnego. W trakcie pozycjonowania danego uchwytu nożowego informacja o położeniu układu współrzędnych narzędzia jest przesyłana do stacji

robotycznej (rys.2d). Stacja ta jest połączona z robotami za pośrednictwem sieci Ethernet [10,11]. Komunikacja pomiędzy stacją robotyczną i układem sterowania obu robotów odbywa się w architekturze klient-serwer (rys.2e). Stacja robotyczna wyznacza pozycję robota pozycjonującego system wizyjny. Dane te następnie są wysyłane do robota KR 5, który ustawia system wizyjny (tab.1) w wyznaczonej pozycji. Po uruchomieniu urządzenia projekcyjnego dokonywana jest akwizycja zdjęć pomiarowych. Pobrane obrazy są przetwarzane i analizowane na stacji robotycznej w środowisku Matlab z zainstalowanymi bibliotekami Image Processing Toolbox i Computer Vision Toolbox. W wyniku pomiaru otrzymuje się rozkład odległości pomiędzy poboczną głowicy urabiającej i podstawą uchwytu nożowego.

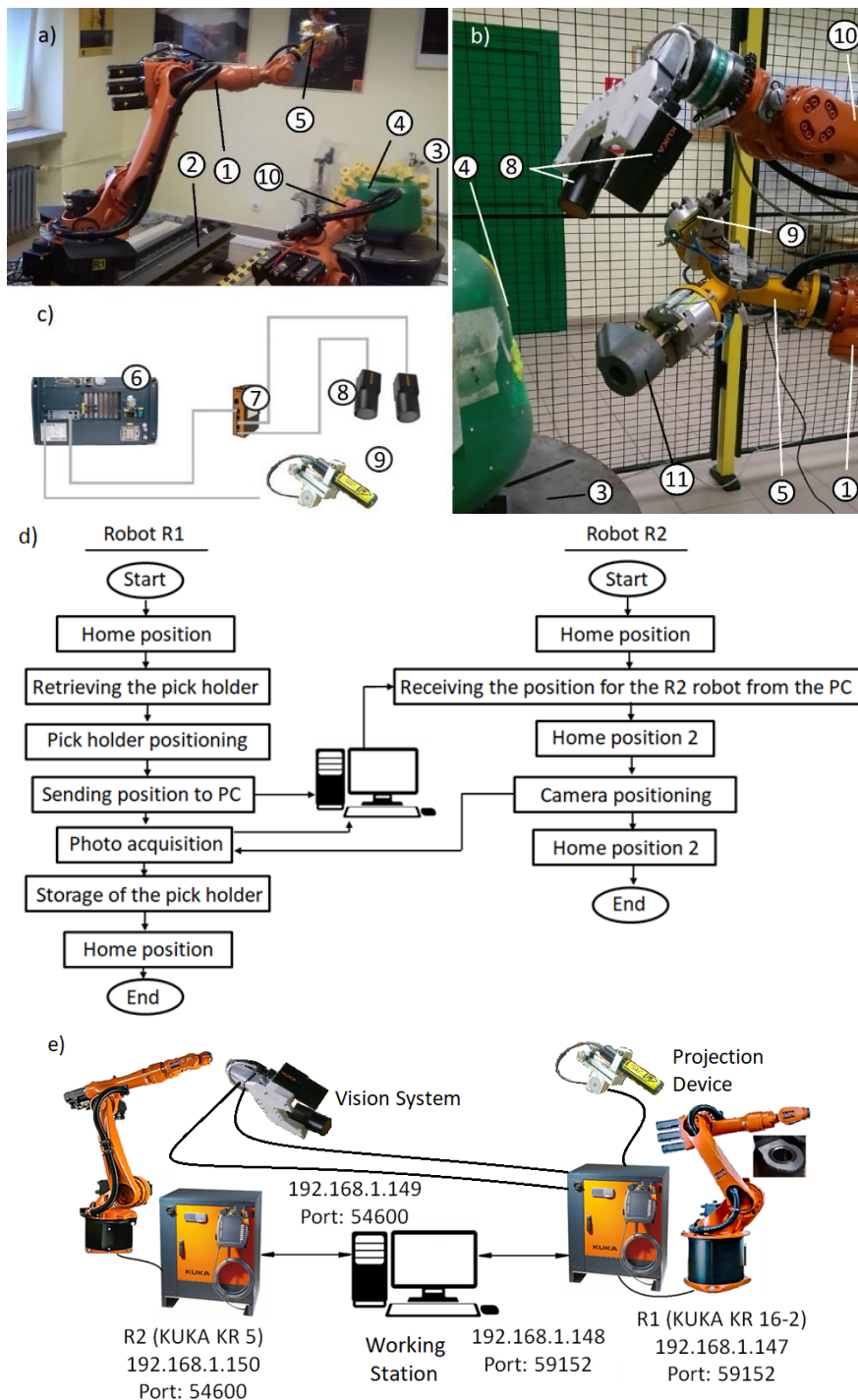
Tab.1 Parametry kamer Kuka MXG20 i obiektywów Tamron M118FM25

Parametry kamery		
Typ sensora	1/1.8" skanowanie progresywne CCD	
Roździelczość	1624 × 1228 px	
Maksymalna liczba klatek na sekundę	27 fps	
Format obrazu	Mono 8, Mono12, Mono12 Pakowane	
Parametry soczewek		
Długość ogniskowa	25mm	
Zakres przysłony	1.6 - 16	
Kąt widzenia (horyzontalnie x wertykalnie)	1/1.8	16.6° x 12.5°
	1/2	14.6° x 11.0°
	1/3	11.0° x 8.2°
Back focus (w powietrzu)	12.92	

Znając położenie danego punktu (pomiarowego markera) na parze zdjęć, przy użyciu funkcji Matlab'a triangulate otrzymuje się współrzędne przestrzenne tego punktu w układzie odniesienia związanym z lewą kamerą systemu wizyjnego (rys.3a) [12–15]. Otrzymana siatka punktów odwzorowuje powierzchnię pobocznic głowicy urabiającej w miejscu montażu uchwytu nożowego. Aby otrzymać współrzędne tych punktów w układzie odniesienia związanym z podstawą uchwytu nożowego, dla każdego punktu należy dokonać transformacji. Uzyskuje się w ten sposób rozkład odległości punktów pobocznic głowicy urabiającej od podstawy uchwytu nożowego (rys.3b) [16]. Transformacja ta opisana jest za pomocą macierzy jednorodnych (1) i (2) (rys.3c):

$$C = Rot(Y, \alpha_U) \cdot Trans(-l_x, 0, -l_z) \quad (1)$$





Rys.2 Stanowisko doświadczalne (a i b), schemat ideowy podłączenia elementów aparatury pomiarowej do układu sterowania robota (c), uproszczony algorytm sterowania robotami w trakcie pomiaru (d) i schemat ideowy komunikacji pomiędzy robotami i stacją roboczą (e): 1 - robot KUKA KR 16–2 pozycjonujący uchwyty nożowe, 2 - jednostka liniowa KL 250–3, 3 - pozycjoner PEV–1–2500, 4 - pobocznica głowicy urabiającej, 5 - chwytak, 6 - sterownik, 7 - switch PoE, 8 - system wizyjny, 9 - laserowe urządzenie projekcyjne,

10 - robot KUKA KR 5 pozycjonujący kamery systemu wizyjnego,  
 11 - pozycjonowany uchwyt nożowy

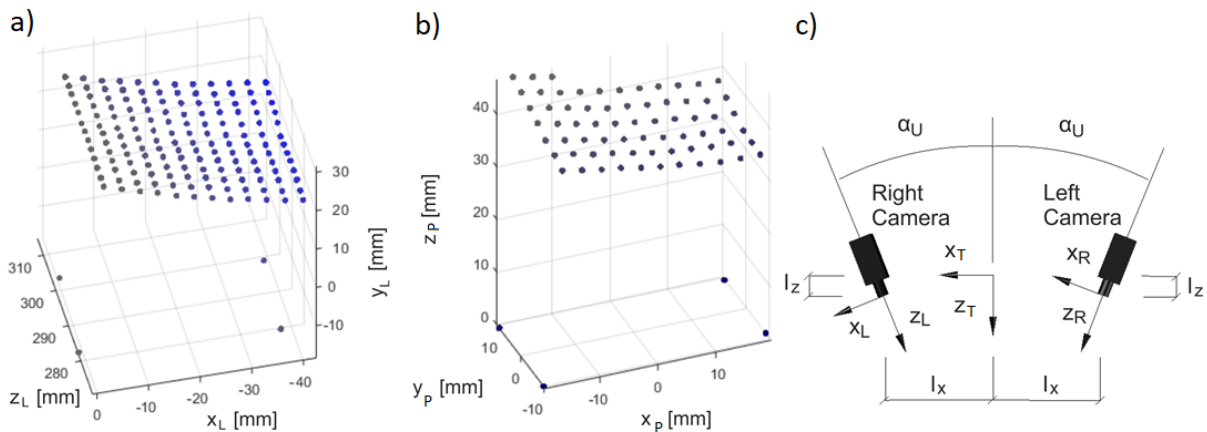
$$D = \begin{cases} \mathbf{Rot}\left(Z, \frac{\varphi_{DP}}{2}\right) \cdot \mathbf{Trans}(0, 0, l_L) \cdot \mathbf{Rot}\left(X, \frac{-\gamma_{DP}}{2}\right) \cdot \mathbf{Trans}(0,0,-l_A) \\ \quad \cdot \mathbf{Rot}\left(X, -\frac{\pi}{2}\right) \cdot \mathbf{Rot}(Z, \alpha_{DP}) - \text{dla g\u00f3rnego ustawienia kamer} \\ \mathbf{Rot}\left(Z, \frac{-\varphi_{DP}}{2}\right) \cdot \mathbf{Trans}(0, 0, l_L) \cdot \mathbf{Rot}\left(X, \frac{\gamma_{DP}}{2}\right) \cdot \mathbf{Trans}(0,0,-l_A) \\ \quad \cdot \mathbf{Rot}\left(X, \frac{\pi}{2}\right) \cdot \mathbf{Rot}(Z, \alpha_{DP}) - \text{dla dolnego ustawienia kamer} \end{cases} \quad (2)$$

Sk\u0142adowe wektora wodz\u0105cego punktu pomiarowego w uk\u0142adzie wsp\u00f3\u0142rz\u0119dnych narz\u0119dzia robota:

$$[x_{Pi}, y_{Pi}, z_{Pi}, 1]^T = C \cdot D \cdot [x_{Li}, y_{Li}, z_{Li}, 1]^T \quad \text{dla } i = 1, \dots, N \quad (3)$$

gdzie:

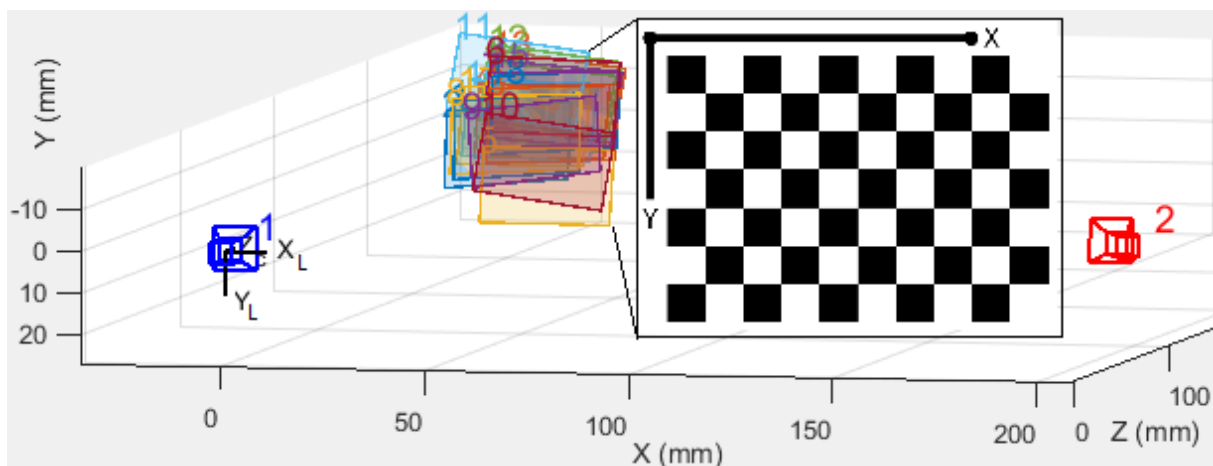
- $\alpha_U$  – k\u0105t zawarty pomi\u0119dzy osiami optycznymi kamer i osi\u0105  $Z_T$  uk\u0142ad\u00f3w wsp\u00f3\u0142rz\u0119dnych zwi\u0105zanych z systemem wizyjnym,
- $l_x$  – odleg\u0142o\u015b\u0107 pocz\u0105tku uk\u0142adu wsp\u00f3\u0142rz\u0119dnych zwi\u0105zanego z uk\u0142adem optycznym kamery lewej od pocz\u0105tku uk\u0142adu wsp\u00f3\u0142rz\u0119dnych  $X_T Y_T Z_T$  kamer wzd\u0142u\u017c osi  $X_T$
- $l_z$  – odleg\u0142o\u015b\u0107 pocz\u0105tku uk\u0142adu wsp\u00f3\u0142rz\u0119dnych  $X_T Y_T Z_T$  od pocz\u0105tku uk\u0142adu wsp\u00f3\u0142rz\u0119dnych kamery lewej mierzona wzd\u0142u\u017c osi  $Z_T$ ,
- $\varphi_{DP}, \gamma_{DP}, \alpha_{DP}$  – k\u0105ty definiuj\u0105ce po\u0142o\u017cenie systemu wizyjnego ( $X_T Y_T Z_T$ ) wzgl\u0119dem podstawy uchwytu no\u017cowego ( $X_P Y_P Z_P$ ),
- $l_L, l_A$  – odleg\u0142o\u015bci definiuj\u0105ce po\u0142o\u017cenie systemu wizyjnego ( $X_T Y_T Z_T$ ) wzgl\u0119dem podstawy uchwytu no\u017cowego ( $X_P Y_P Z_P$ ).



Rys.3 Stanowisko do\u015bwadcza\u0142ne (a i b), schemat ideowy po\u0142\u0105czenia element\u00f3w aparatury pomiarowej do uk\u0142adu sterowania robota (c), uproszczony algorytm sterowania robotami w trakcie pomiaru (d) i schemat ideowy komunikacji pomi\u0119dzy robotami i stacja robocza (e): 1 - robot KUKA KR 16-2 pozycjo

### 3 Kalibracja układu pomiarowego

Punktem wyjścia procesu pomiarowego jest kalibracja systemu wizyjnego. Dokonuje się jej po to, aby uzyskać informację o wartości parametrów wewnętrznych oraz zewnętrznych kamer [17]. Parametry wewnętrzne kamery określają właściwości optyczne obiektywu, jego zniekształcenia radialne i styczne. Wyznacza się również współrzędne środka obrazu (punktu głównego) oraz środka rzutu (punktu centralnego układu optycznego). Parametry zewnętrzne z kolei opisują przesunięcie i obrót układów współrzędnych związanych z kamerami względem układu współrzędnych związanego z obserwowaną sceną oraz relację pomiędzy kamerami. W opracowanej metodzie pomiarowej użyto domyślnej metody kalibracji kamer zaimplementowanej w środowisku Matlab. W celu kalibracji kamer wykonano piętnaście zdjęć przy różnym ich ustawieniu względem tablicy kalibracyjnej (rys.4). Błąd kalibracji układu kamer w programie Matlab wynosi poniżej 0,5 piksela [18]. W wyniku kalibracji systemu stereowizyjnego jego układ odniesienia jest zaczepiony w punkcie centralnym układu optycznego kamery lewej, a jedna z jego osi pokrywa się z osią optyczną obiektywu.



Rys.4 Tablica kalibracyjna i jej położenie względem układu kamer w trakcie kalibracji: 1 - lewa kamera (początek układu współrzędnych systemu wizyjnego), 2 - prawa kamera

Aby możliwe było określenie położenia punktu pomiarowego  $O_S$  w układzie bazowym o znanym położeniu opisanym za pomocą wektora wodzącego  $r_{OB}$ , niezbędne jest określenie wartości parametrów opisujących przekształcenie układu współrzędnych narzędzia ( $X_T Y_T Z_T$ ) na układ współrzędnych lewej kamery opracowanego systemu pomiarowego ( $X_L Y_L Z_L$ ) - rys.5. W wyniku akwizycji zdjęć pomiarowych oraz ich przetwarzania z wykorzystaniem biblioteki Image Processing Toolbox i Computer Vision Toolbox środowiska Matlab uzyskuje się bowiem położenie rozpatrywanego punktu pomiarowego w układzie współrzędnych kamery lewej systemu stereowizyjnego. Położenie punktu  $O_S$  w układzie współrzędnych kamery lewej opisane jest za pomocą wektora wodzącego  $r_{OK}$ . Znając zatem położenie punktu TCP robota, na którego ramieniu zamocowany jest system stereowizyjny, oraz orientację osi zaczepionego w tym punkcie układu współrzędnych narzędzia ( $X_T Y_T Z_T$ ) względem osi układu współrzędnych bazy robota ( $X_B Y_B Z_B$ ), wektor wodzący punktu  $O_S$  w układzie współrzędnych bazy robota  $X_B Y_B Z_B$  jest równy (rys.6):

$$\mathbf{r}_{OB} = \mathbf{r}_{TCP} + \mathbf{R}_{TCP} \cdot \mathbf{r}_{KL} + \mathbf{R}_{KL} \cdot \mathbf{r}_{OK} \quad (4)$$

przy czym wektory wodzące poszczególnych charakterystycznych punktów mają następujące składowe:

$$\mathbf{r}_{OB} = [x_{OB}, y_{OB}, z_{OB}]^T \quad (5)$$

$$\mathbf{r}_{TCP} = [TCP.X, TCP.Y, TCP.Z]^T \quad (6)$$

$$\mathbf{r}_{KL} = [K1.X, K1.Y, K1.Z]^T \quad (7)$$

$$\mathbf{r}_{OK} = [x_{OK}, y_{OK}, z_{OK}]^T \quad (8)$$

zaś macierze rotacji złożonych są iloczynem macierzy rotacji wokół osi Z, Y i X o odpowiednie kąty:

$$\mathbf{R}_{TCP} = \mathbf{R}(Z_B, TCP.A) \cdot \mathbf{R}(Y_B, TCP.B) \cdot \mathbf{R}(X_B, TCP.C) \quad (9)$$

$$\mathbf{R}_{KL} = \mathbf{R}(Z_T, K1.A) \cdot \mathbf{R}(Y_T, K1.B) \cdot \mathbf{R}(X_T, K1.C) \quad (10)$$

gdzie:

$\mathbf{r}_{OB}$  – wektor wodzący punktu pomiarowego OS w układzie współrzędnych bazy robota (XBYBZB),

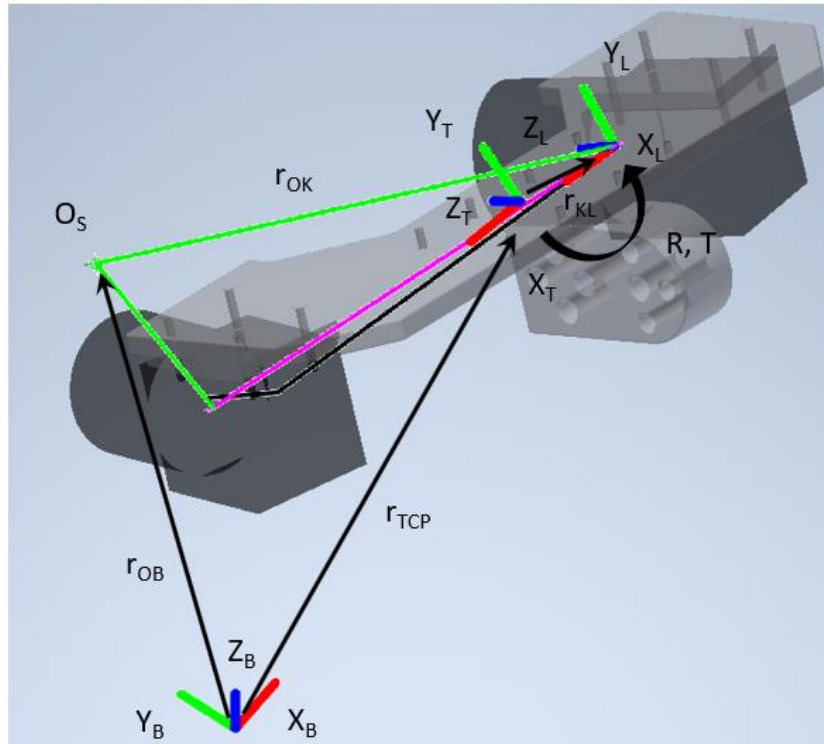
$\mathbf{r}_{TCP}$  – wektor wodzący centralnego punktu narzędzia robota w układzie współrzędnych bazy robota (XBYBZB),

$\mathbf{r}_{KL}$  – wektor wodzący środka rzutu (ogniska) kamery lewej systemu stereowizyjnego w układzie współrzędnych narzędzia robota (XTYTZT),

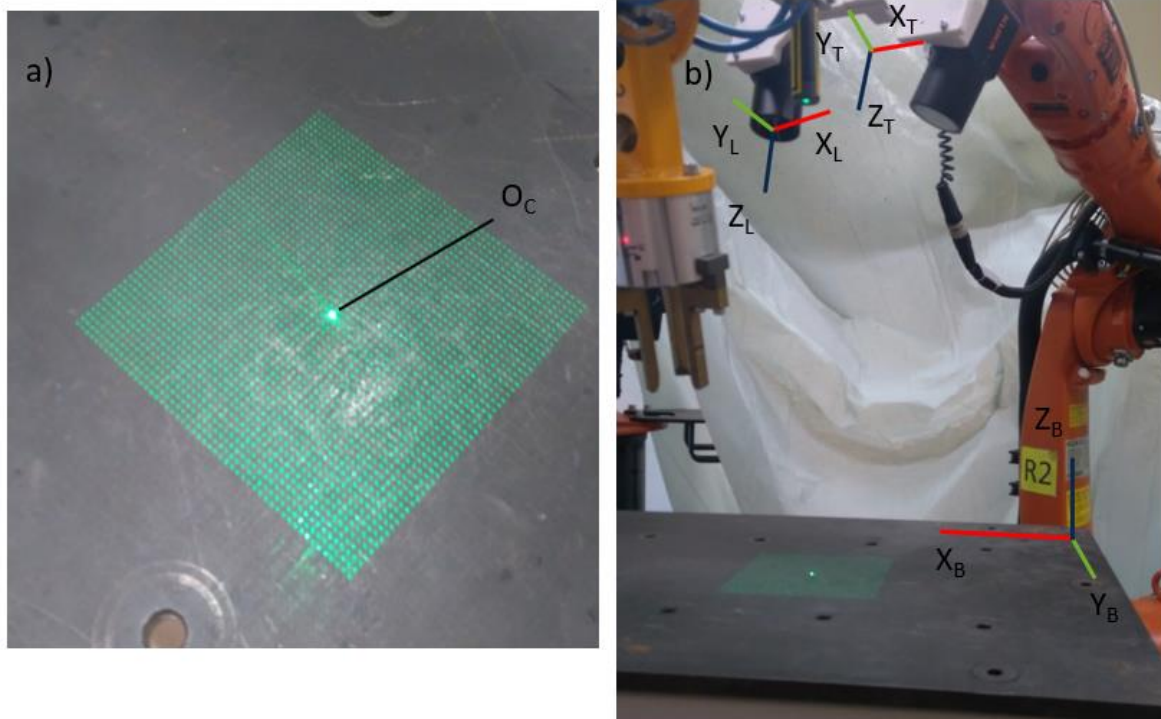
$\mathbf{r}_{OK}$  – wektor wodzący punktu pomiarowego OS w układzie współrzędnych kamery lewej (XLYLZL),

$\mathbf{R}_{TCP}$  – złożona macierz rotacji układu współrzędnych narzędzia robota w układzie współrzędnych bazy,

$\mathbf{R}_{KL}$  – złożona macierz rotacji układu współrzędnych kamery lewej w układzie współrzędnych narzędzia robot.



Rys.5 Model pomiaru położenia przestrzennego punktu na stanowisku zrobotyzowanym z wykorzystaniem systemu stereowizyjnego



Rys.6 Laserowa siatka punktów rzutowana na płaszczyznę projekcji  $X_B Y_B$

Na rysunku 7 pokazano rozkłady odchyłek wartości współrzędnej z punktów pomiarowych dla Serii pomiarowych. Jak wykazały przeprowadzone testy, rozkład analizowanej odchyłki wykazuje cechy rozkładu normalnego. Statystyka testowa dla zastosowanego w tym badaniu testu Kołmogorowa-Smirnowa (K-S) znajduje się poza obszarem krytycznym. Nie ma więc podstaw do odrzucenia hipotezy zerowej o normalności badanego rozkładu (rys.8a). Wartość prawdopodobieństwa testowego  $p$  jest bowiem większa od przyjętego poziomu istotności ( $\alpha=0,05$ ) - rys.8b. Punkty odwzorowujące zależność pomiędzy wartościami zmierzonymi i wartościami normalnymi badanej wielkości układają się w efekcie blisko linii prostej, będącej graficzną interpretacją rozkładu normalnego (rys.8b). Odchylenia od normalności badanego zbioru danych pomiarowych, dla zdecydowanej większości punktów, nie przekraczają  $\pm 0,2$  mm (rys.8c).

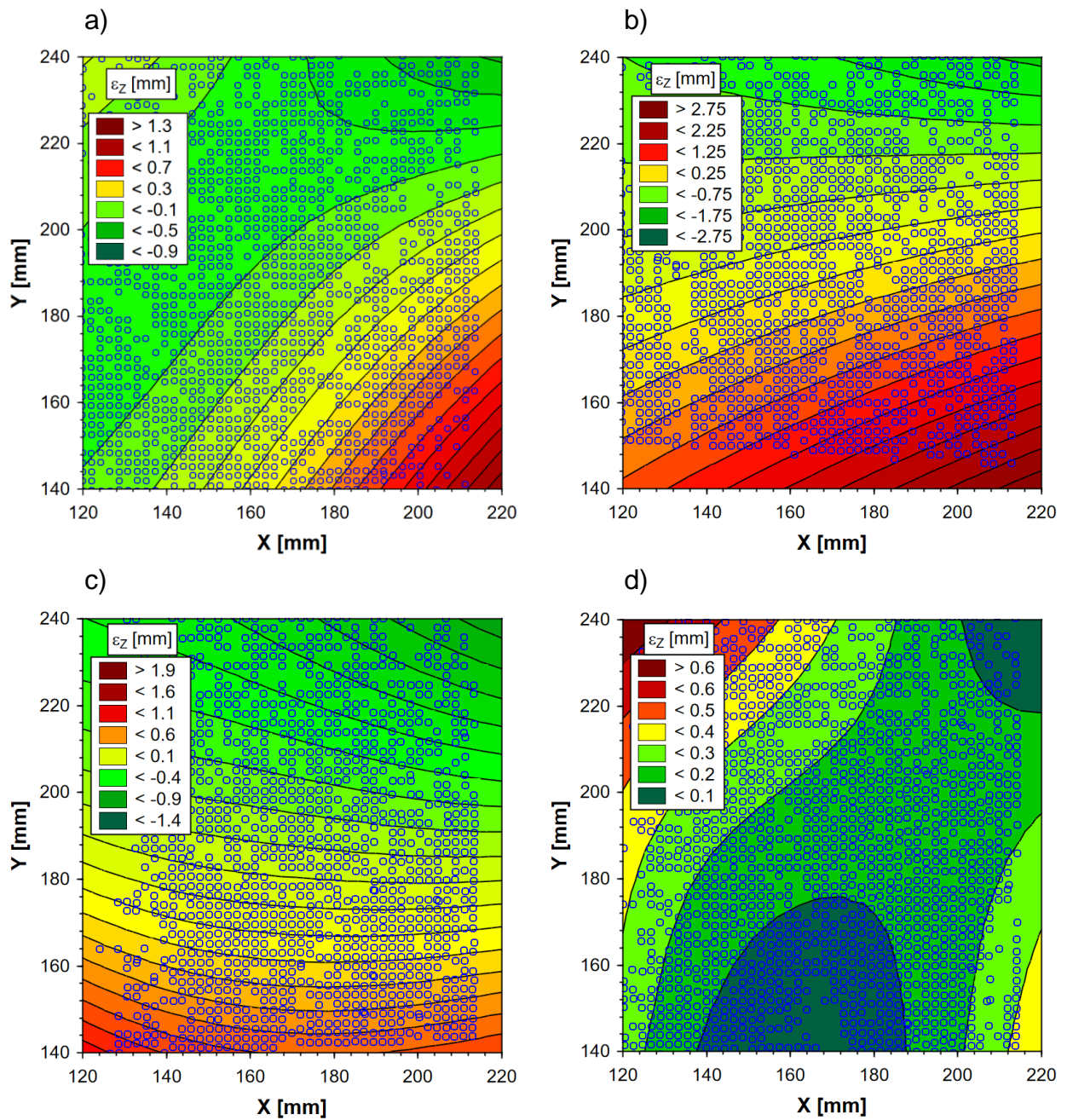
#### **4 Przykład wykorzystania opracowanej metody pomiaru odległości podstawy uchwytu nożowego od poboczniczy głowicy urabiającej górniczej maszyny urabiającej**

W niniejszym rozdziale przedstawiono wyniki pomiarów dla przykładowej pozycji uchwytu nożowego. Jako dane wejściowe traktowane są zdjęcia pomiarowe po cyfrowej obróbce zarejestrowane przez obie kamery testowanego systemu pomiarowego. Na zdjęciach tych dokonuje się identyfikacji punktów pomiarowych, a następnie za pomocą specjalnego algorytmu wzajemnie odpowiadające sobie punkty dobierane są w pary. W ten sposób odnajdywana jest stereokorespondencja pomiędzy obrazami. W celu potwierdzenia metrologicznego wyniki pomiarów zrealizowanych opracowaną metodą porównano z wynikami uzyskanymi w trakcie skanowania interesującego obszaru poboczniczy głowicy urabiającej za pomocą skanera światła strukturalnego Breuckmann SmartSCAN 3D-HE (rys.9).

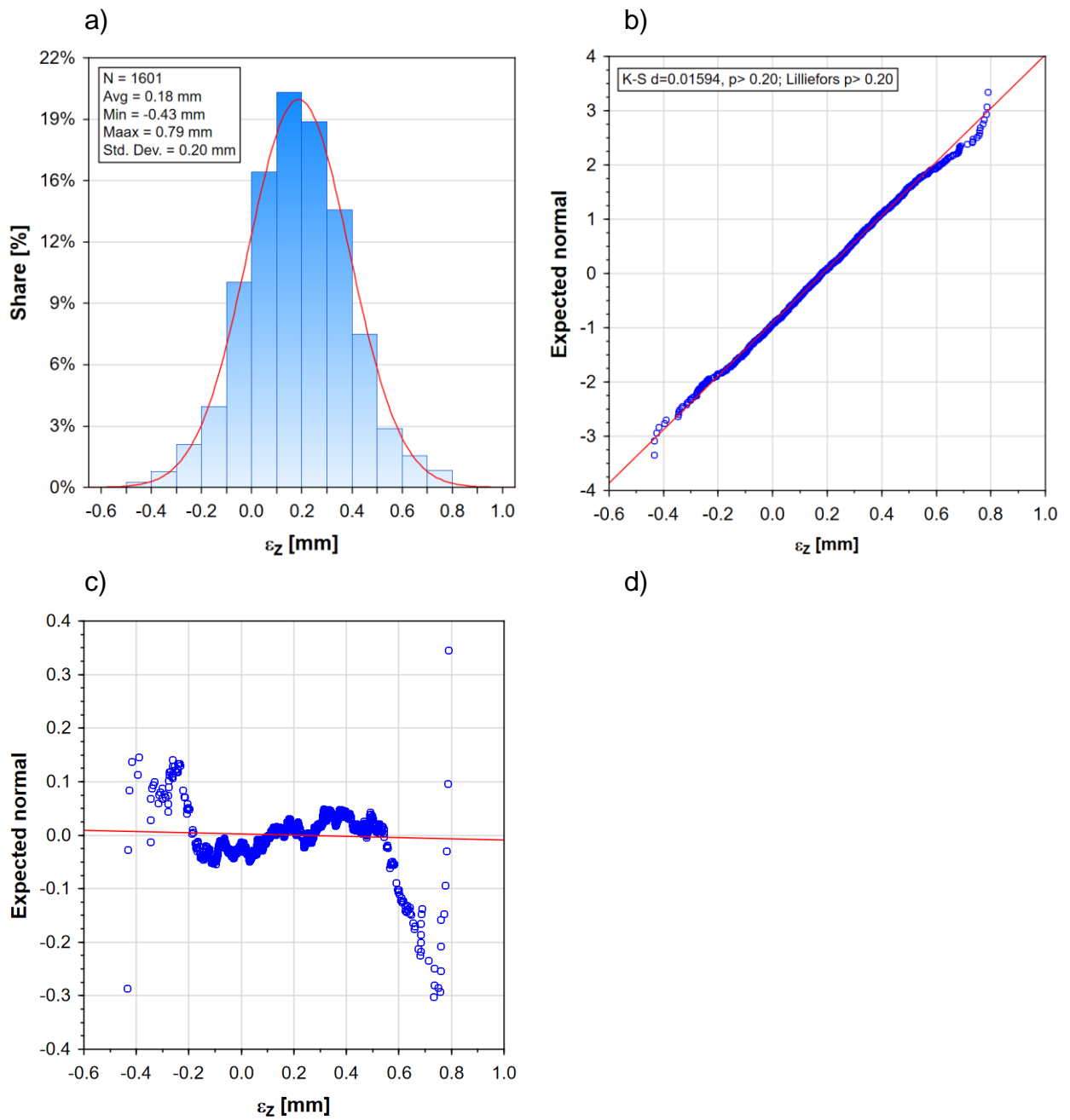
Największe odchyłki współrzędnej  $x$  odnotowano dla punktów pomiarowych rozmieszczonych wzdłuż krawędzi wybrzuszenia. Punkty te oznaczone są kolorem czerwonym i pomarańczowym – odchyłki dodatnie oraz kolorem niebieskim - odchyłki ujemne (niewidoczne z tej strony).

Największy udział miały odchyłki współrzędnej  $x$  punktów pomiarowych z przedziału od  $-0,5$  do  $0$  mm (rys.10a). Odnotowano je dla blisko 45% punktów pomiarowych. W 70% przypadków odchyłka  $\epsilon_x$  zawierała się przy tym w granicach  $\pm 0,5$  mm, natomiast dla blisko 98% punktów pomiarowych odległość punktów pomiarowych od powierzchni poboczniczy głowicy urabiającej mieściła się w zakresie  $\pm 1$  mm.





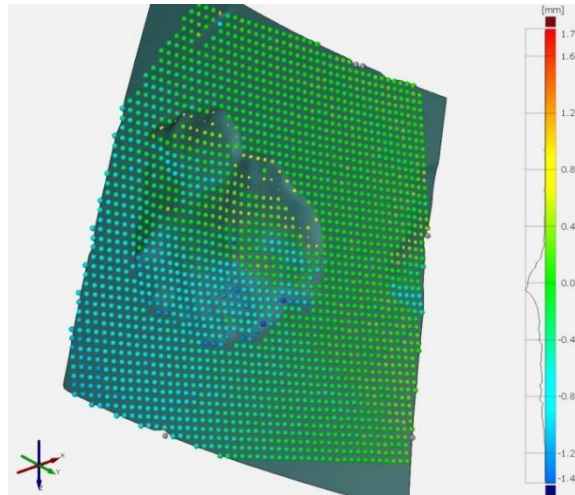
Rys.7 Mapy rozkładu odchyłek współrzędnych punktów pomiarowych w kierunku osi ZB układu współrzędnych bazy robota: a) Seria pomiarowa nr 1, b) Seria pomiarowa nr 2, c) Seria pomiarowa nr 3, d) Seria pomiarowa nr 4



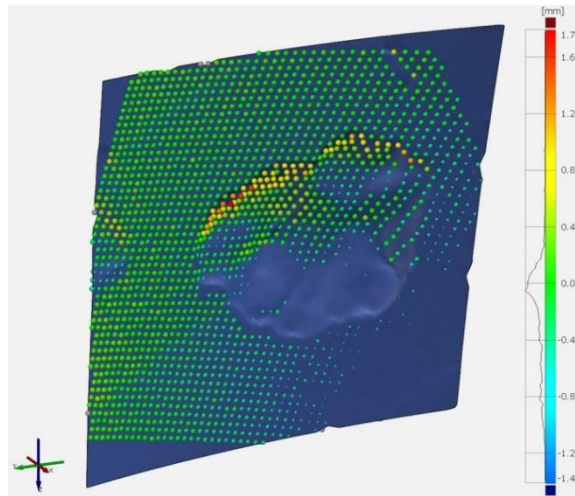
Rys.8 Odchyłki współrzędnej punktów pomiarowych w kierunku osi ZB dla Serii pomiarowej nr 4: a) histogram rozkładu, b) wykres normalności, c) wykres odchyłeń od normalności



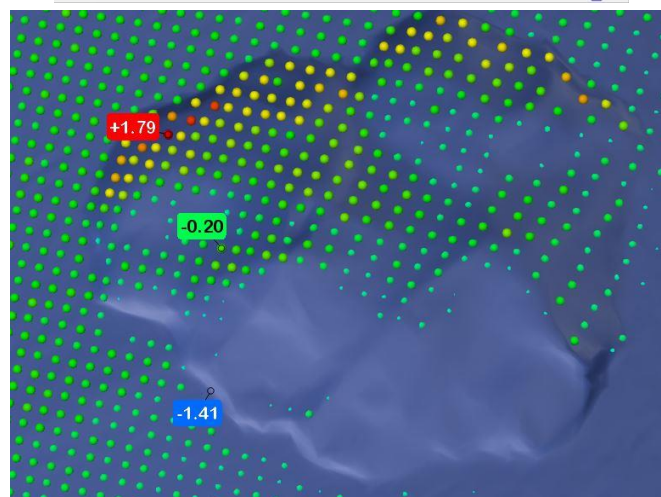
aa)



bb)

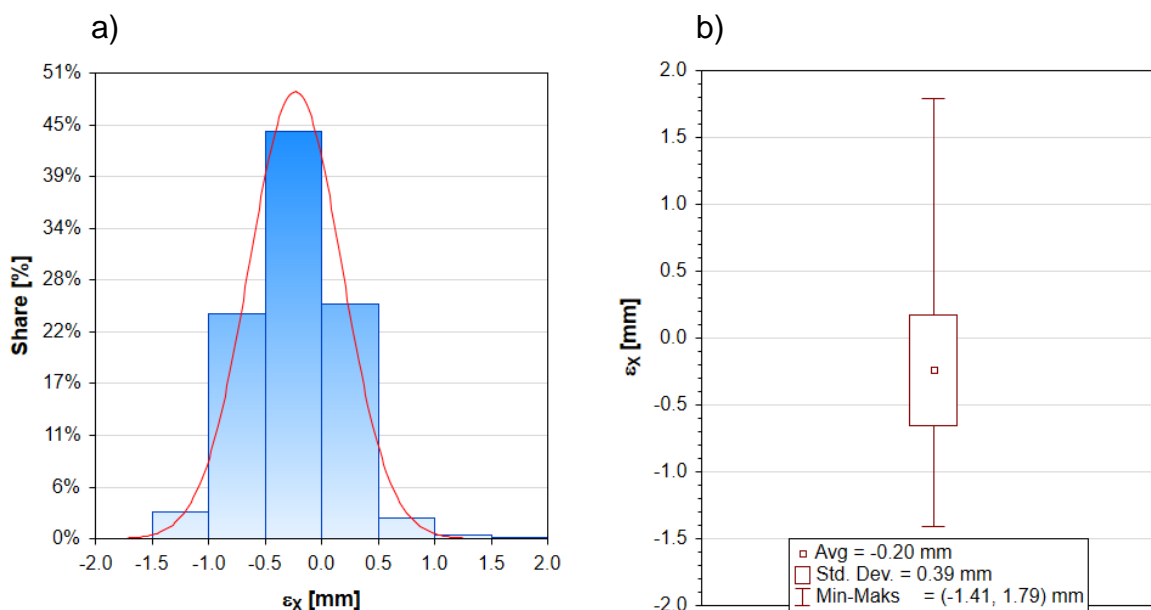


cc)



Rys.9 Mapy rozkładu odchyłki odległości punktów pomiarowych od powierzchni pobocznicy głowicy urabiającej uzyskanej ze skanowania metodą światła strukturalnego (metoda referencyjna): a) widok punktów pomiarowych od zewnętrznej strony powierzchni pobocznicy głowicy urabiającej, b) widok punktów pomiarowych od wewnętrznej strony powierzchni pobocznicy głowicy urabiającej, c) powiększenie obszaru największych odchyłek (strona wewnętrzna pobocznicy głowicy urabiającej)

Wartość średnia odległości punktów pomiarowych od powierzchni pobocznic głowicy urabiającej uzyskanej podczas rekonstrukcji w oparciu o metodę referencyjną wyniosła -0,20 mm (rys.10b). Z kolei odchylenie standardowe, będące miarą rozrzutu wartości badanych odległości, było równe 0,39 mm. Największa dodatnia odchyłka punktów pomiarowych od powierzchni pobocznic głowicy urabiającej wyniosła 1,79 mm. Z kolei największa ujemna odległość punktów pomiarowych od tej powierzchni była równa -1,41 mm.



Rys.10 Histogram rozkładu odchyłek współrzędnej punktów pomiarowych od powierzchni pobocznic głowicy urabiającej mierzonej w kierunku osi  $X_P$  układu współrzędnych związanego z podstawą uchwytu nożowego (a) oraz podstawowe statystyki tego rozkładu (b)

## 5 Podsumowanie i wnioski

Jednym z nieodzownych elementów zrobotyzowanych technologii wytwarzania jest monitorowanie procesu produkcji. Jednym z aspektów tego zagadnienia jest kontrola jakości, polegająca na ocenie zgodności wyrobów z dokumentacją techniczną (projektem) na poszczególnych etapach ich wytwarzania. Problem ten jest szczególnie istotny w przypadku wyrobów będących efektem syntezy wielu elementów składowych, łączonych ze sobą różnymi technikami (spawanie, klejenie, itp.), kiedy o efekcie końcowym decyduje np. ich wzajemne położenie w trakcie montażu. Z sytuacją taką mamy do czynienia w przypadku organów roboczych maszyn urabiających stosowanych w górnictwie, budownictwie tunelowym, czy drogownictwie. Organy te zbudowane są ze stalowej pobocznic, do której spawa się określoną liczbę uchwytów nożowych, w których osadzone będą później noże skrawające. Pobocznica ta ma zazwyczaj kształt bryły obrotowej – walca, stożków ściętych, czy paraboloidy. Ze względu na dość skomplikowane ustawienie uchwytów nożowych na tej pobocznicie oraz to, iż do produkcji tego rodzaju organów roboczych wykorzystuje się często pobocznicę pochodzącą z odzysku, może zachodzić potrzeba korygowania

(bezpośrednio w trakcie montażu) ustawienia uchwytów nożowych, tak aby możliwe było ich przyspawanie. W technologii zrobotyzowanej wymagane jest więc:

- adaptacyjne sterowanie ruchem robota pozycjonującego uchwyty nożowe oraz robota spawalniczego, umożliwiające dokonywanie wyżej wymienionych korekt dla poszczególnych uchwytów nożowych,
- pomiar on-line rozkładu odległości pomiędzy podstawą pozycjonowanych uchwytów nożowych oraz poboczną organu roboczego maszyny urabiającej w miejscu ich mocowania, w celu wypracowywania korekt ustawienia uchwytów nożowych oraz oceny możliwości wykonania połączenia spawanego o założonych parametrach.

W niniejszym artykule zajęto się tym drugim zagadnieniem. Opracowany został w tym celu system pomiarowy zintegrowany z układem sterowania dwóch robotów przemysłowych – pozycjonującego uchwyty nożowe oraz pozycjonującego urządzenie pomiarowe w czasie wykonywania pomiarów. System ten oparty jest na wykorzystaniu techniki pomiarów bezstykowych, optycznych. Urządzenie pomiarowe składa się z dwóch kamer pracujących w układzie zbieżnym oraz laserowego urządzenia projekcyjnego, wyświetlającego w czasie pomiaru siatkę punktów na powierzchni pobocznej organu roboczego. W testowanym rozwiązaniu to urządzenie projekcyjne zamocowane zostało do chwytaka robota pozycjonującego uchwyty nożowe.

Celem prezentowanych w niniejszym artykule badań była kalibracja tego systemu pomiarowego oraz ocena jego przydatności dla potrzeb adaptacyjnego sterowania procesem w zrobotyzowanej technologii wytwarzania organów roboczych maszyn urabiających.

Przeprowadzone obszerne badania stanowiskowe oraz symulacje komputerowe umożliwiły:

- wyznaczenie wartości parametrów wewnętrznych i zewnętrznych systemu wizyjnego z wykorzystaniem narzędzi środowiska Matlab,
- wyznaczenie wartości parametrów wiążących system wizyjny z ramieniem robota, do którego jest on zamocowany w wyniku rozwiązania zagadnienia minimalizacji wielowymiarowej przyjętej funkcji celu,
- określenie odchyłek punktów pomiarowych od powierzchni pobocznej organu roboczego uzyskanej na podstawie rekonstrukcji jej kształtu w procesie skanowania metodą światła strukturalnego (metodą referencyjną).

Na podstawie przeprowadzonych badań porównawczych stwierdzono, iż opracowana metoda pomiarowa pozwala na odwzorowanie w wystarczająco dobrym stopniu kształtu powierzchni pobocznej organu roboczego maszyny urabiającej w miejscu montażu danego uchwytu nożowego. Umożliwia ona określenie rozkładu odległości podstawy uchwytu nożowego od tej powierzchni podczas jego montażu (spawania). Jak wskazują uzyskane wyniki, średnia odległość punktów pomiarowych od powierzchni, którą odtwarzają, jest bliska zeru, a odchylenie standardowe nie przekracza 0,4 mm. Dla blisko  $\frac{3}{4}$  punktów pomiarowych odchyłka ta mieści się przy tym w przedziale  $\pm 0,5$  mm. Świadczy to o dobrym dopasowaniu punktów pomiarowych do rekonstruowanej powierzchni. Uzyskana precyzja jest w zupełności wystarczająca dla rozpatrywanego zastosowania opracowanej metody pomiarowej. Zaletą jej jest przy tym duża szybkość działania, co wynika między innymi

z braku nadmiarowości danych pomiarowych, z jaką mamy do czynienia w przypadku np. technik skaningowych. Jest to warunek niezbędny dla realizacji pomiarów w czasie rzeczywistym, w trakcie montażu kolejnych uchwytów nożowych w zrobotyzowanej technologii wytwarzania nowoczesnych, efektywnych i energooszczędnych organów roboczych maszyn urabiających.

## Literatura

- [1] Jin, X.; Zhao, G.; Zhao, L. and G. Lin. Computer-aided efficient design and performance optimization of cutting head for roadheader. *Sci Rep* 12 2022, 6788, DOI: <https://doi.org/10.1038/s41598-022-10702-1>.
- [2] Cheluszka, P. Computer-Aided Manufacturing of Working Units for High-Performance Mining Machines. In: *Computer-aided Technologies – Applications in Engineering and Medicine*, Udroui R. (ed.). InTech 2016, DOI: 10.5772/65039.
- [3] Ji, J. and J. Yang. Parametric Design of Cutting Head of Roadheader and Toothholder Secondary Development Based on UG. 2nd. International Conference on Electronic & Mechanical Engineering and Information Technology (EMEIT-2012) 2012, Shenyang, China, p. 1847-1850, DOI: <https://doi.org/10.2991/emeit.2012.409>.
- [4] Jang, J.S.; Yoo, W.S.; Kang, H.; Cho, J.W.; Jeong, M.S.; Lee, S.K.; Cho, Y.J.; Lee, J.W. and J. Rostami. Cutting head attachment design for improving the performance by using multibody dynamic analysis. *Int. J. Precis. Eng. Manuf.* 2016, 17, 371-377, DOI: <https://doi.org/10.1007/s12541-016-0046-4>.
- [5] Wiese, H.F. Basic research to optimize the cutting process of the transverse cutter head of roadheaders. Doctoral thesis, TU Clausthal, 1982.
- [6] Rostami, J.; Ozdemir, L. and D.M. Neil. Roadheaders performance optimization for mining and civil construction. 13th Annual Technical Conference, Las Vegas, USA, 1994.
- [7] Jagieła-Zajac, A. and P. Cheluszka. Measurement of the pick holders position on the side surface of the cutting head of a mining machine with the use of stereoscopic vision. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 2019, 679.
- [8] Cheluszka, P. and A. Jagieła-Zajac. The use of a stereovision system in shape detection of the side surface of the body of the mining machine working unit. *New Trends in Production Engineering* 2020, 3, 251-271.
- [9] Meng, L.; Zou, J. and G. Liu. Research on the design and automatic recognition algorithm of subsidence marks for close-range photogrammetry, *Sensors* 2020, 20.
- [10] Sanfilippo, F.; Hatledal, L.I.; Zhang, H.; Fago, M. and K.Y. Pettersen. Controlling kuka industrial robots: flexible communication interface JOpenShowVar. *IEEE Robotics & Automation Magazine*, 2015, 20, 96-109.
- [11] Sangeetha, G.R.; Nishank Kumara; Hari, P.R. and S. Sasikumar. Implementation of a stereo vision based system for visual feedback control of robotic arm for space manipulations. *Procedia Computer Science* 2018, 133, 1066-1073.
- [12] Wang, L.; Liu, Z. and Z. Zhang. Feature based stereo matching using two-step expansion. *Mathematical Problems in Engineering* 2014, 2014.

- [13] Xu, G. and Z. Zhang. Epipolar geometry in stereo, motion and object recognition, 1st ed.; Springer: Berlin, Germany, 1996.
- [14] Gao, Z.; Hwang, A.; Zhai, G. and E. Peli. Correcting geometric distortions in stereoscopic 3D imaging. Plos one 2018, 13.
- [15] Dyskin, A.V.; Basarir, H.; Doherty, J.; Elchalakani, M.; Joldes, G.R.; Karrech, A.; Lehane, B.; Miller, K.; Pasternak, E.; Shufrin, I. and A. Wittek. Computational monitoring in real time: review of methods and applications. Geomechanics and Geophysics for Geo-Energy and Geo-Resources 2018, 4, 235-271.
- [16] Yuda, M.; Xiangjun, Z.; Weiming, S. and L. Shaofeng. Target accurate positioning based on the point cloud created by stereo vision. 23rd International Conference on Mechatronics and Machine Vision in Practice (M2VIP) 2016, 1.
- [17] Nedevschi, S.; Marita, T.; Vaida, M.; Danescu, R.; Frentiu, D.; Oniga, F.; Pocol, C. and D. Moga. Camera calibration method for stereo measurement. Journal of Control Engineering and Applied Informatics 2002, 4, 21-28.
- [18] Belhaoua, A.; Kohler, S. and E. Hirsch. Estimation of 3D reconstruction errors in a stereo-vision system. Proceedings of SPIE 2009, 7390.

# DIAGNOSTIKA ZÁVADY ROTORU ELEKTROMOTORU

Vít KOSTECKÝ, VŠB-TU Ostrava <sup>5</sup>

Poznámka: Text příspěvku zpracován dle dodané PowerPointové prezentace.

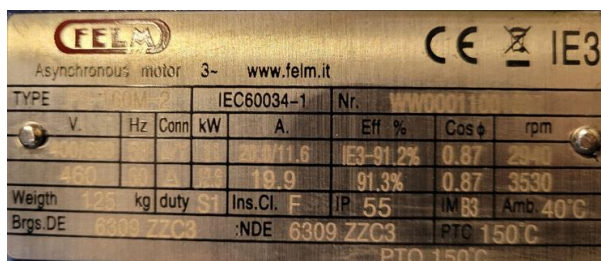
## 1 Úvod do tématu

Nově instalovaný ventilátor u pece.

Pohon:

- asynchronní elektromotor,
- výkon 11 kW, 2 pólů (2940 min<sup>-1</sup>),
- připojení přes frekvenční měnič, provozovaný na 100 % otáček.

Důvod měření: akustický projev závady, dodavatel se odvolává na projev frekvenčního měniče.



TYPE		IEC60034-1		Nr.			
V.	Hz	Conn	kW	A.	Eff %	Gos φ	rpm
460			11.6	19.9	91.2%	0.87	2940
Weigh		125 kg	duty S1	Ins.Cl. F	IP 55	IN B3	Amb 40°C
Brgs.DE		6309 Z2C3		NDE 6309 Z2C3		PTC 150°C	
						PTO 150°C	



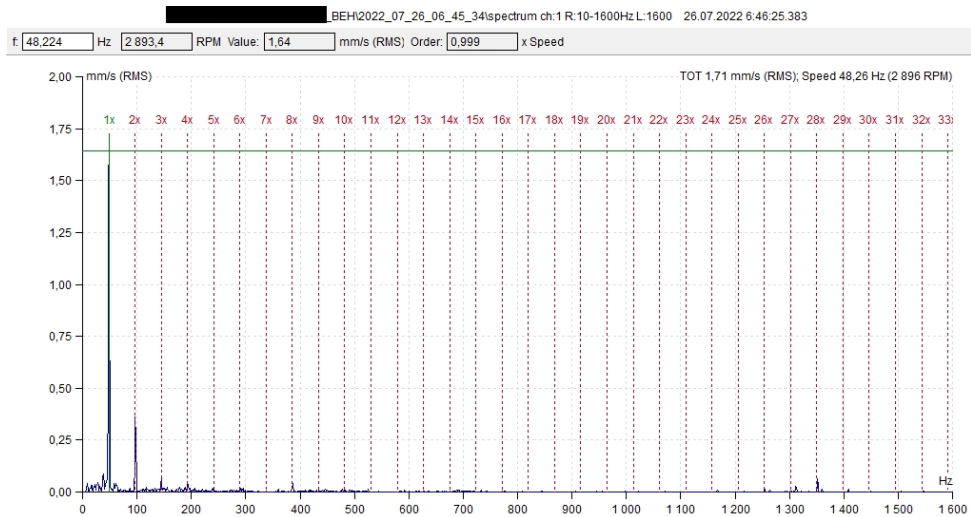
## 2 První běh

Bez projevu závady.

<sup>5</sup> Ing. Vít Kostecký

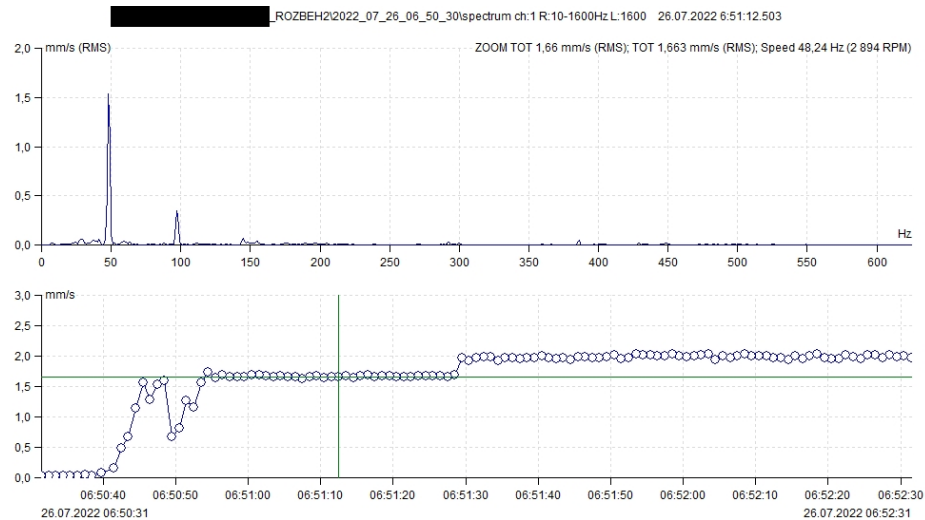
Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, FS, Katedra konstruování  
17. listopadu 2172/15, 708 00 Ostrava-Poruba  
tel.: +420 597 324 452, e-mail: vit.kostecky.st@vsb.cz



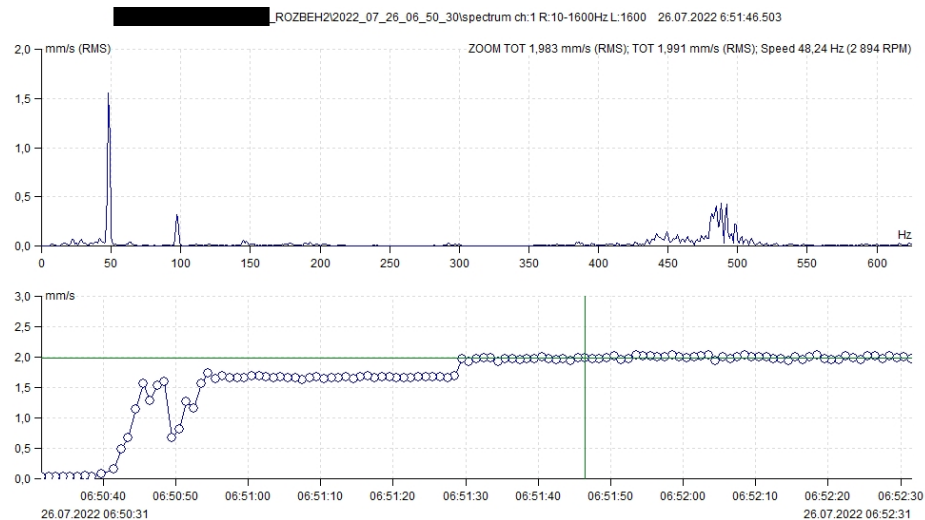


## 2 Druhýběh

### Bez projevu závady.

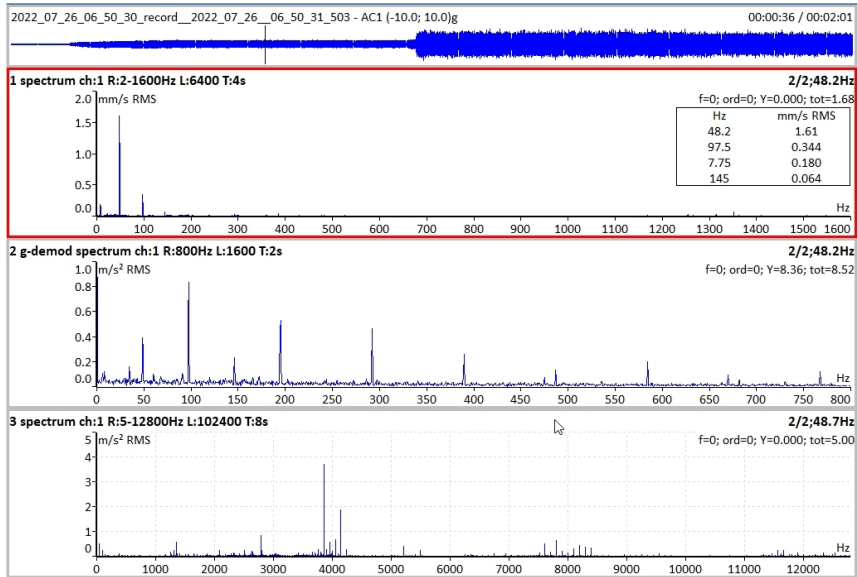


### S projevem závady.

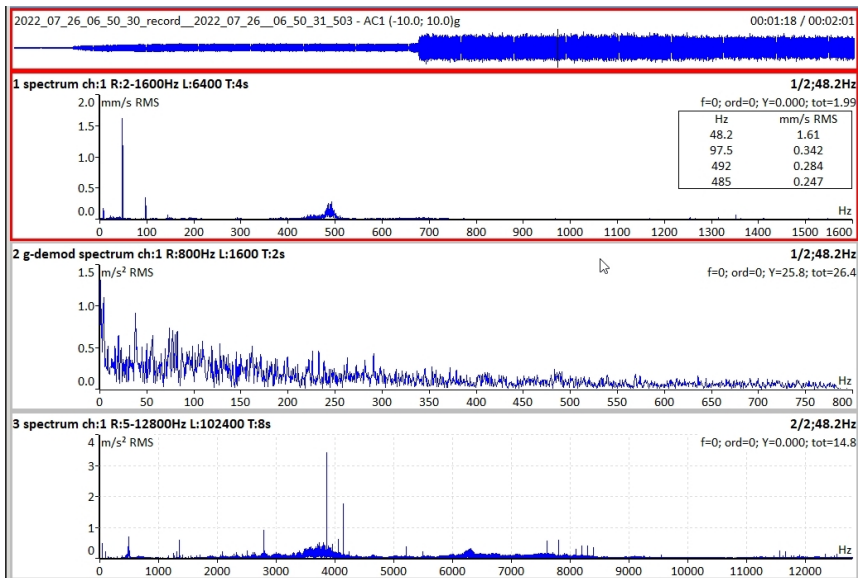




## Bez projevu závady.



## S projevem závady.



## 3 Úvaha nad možnou příčinou

Spektra neukazovala na závadu ložiska.

Name	NB	BD	PD	CA	FTF	BSF	BPFO	BPMF
6309	8	17,5	72,5	0,0	0,38	1,96	3,04	4,96
6309-DESCH-RHP	< None >	< None >	< None >	< None >	0,38	1,96	3,04	4,96
6309-ZZ-SKF	< None >	< None >	< None >	< None >	0,374	1,86	2,62	4,38
6309-FAF	< None >	< None >	< None >	< None >	0,38	1,96	3,04	4,96
6309-FAG	< None >	< None >	< None >	< None >	0,379	1,95	3,03	4,97
6309-INA	< None >	< None >	< None >	< None >	0,402	2,46	3,62	5,38
6309-KBC	< None >	< None >	< None >	< None >	0,383	2,02	3,06	4,94
6309-KOY	< None >	< None >	< None >	< None >	0,386	2,08	3,09	4,91
6309-MRC	< None >	< None >	< None >	< None >	0,374	1,86	2,62	4,38
6309-NSK	< None >	< None >	< None >	< None >	0,383	2,02	3,06	4,94
6309-NTN	< None >	< None >	< None >	< None >	0,382	2	3,06	4,94
6309-SKF	< None >	< None >	< None >	< None >	0,38	1,96	3,04	4,96

### Další myšlenky:

- přidírání oběžného kola, anebo chlazení motoru?
- měření proudu - v rozvaděči, ve svorkovnici motoru.

## 4 Výpočet frekvencí - elektrická příčina problému

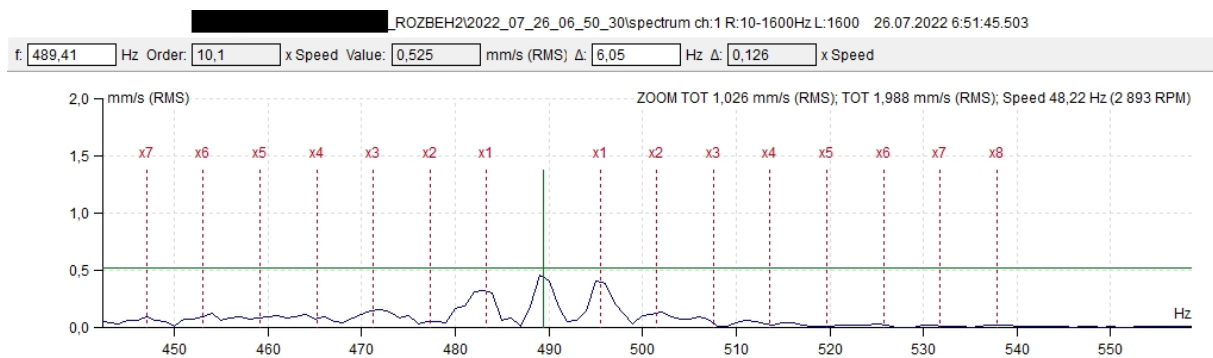
RPM ... otáčky (*revolutions per minute*) ... tachy sonda  
 $RPM = 2896 \text{ min}^{-1}$

$F_L$  ... napájecí frekvence (*electrical line frequency*) ... frekvenční spektrum proudu  
 $F_L = 48,7 \text{ Hz}$

$N_s$  ... synchronní otáčky (*synchronous speed*) ...  $N_s = 60 \cdot \frac{2 \cdot F_L}{P}$   
 $N_s = 2\,922 \text{ min}^{-1}$

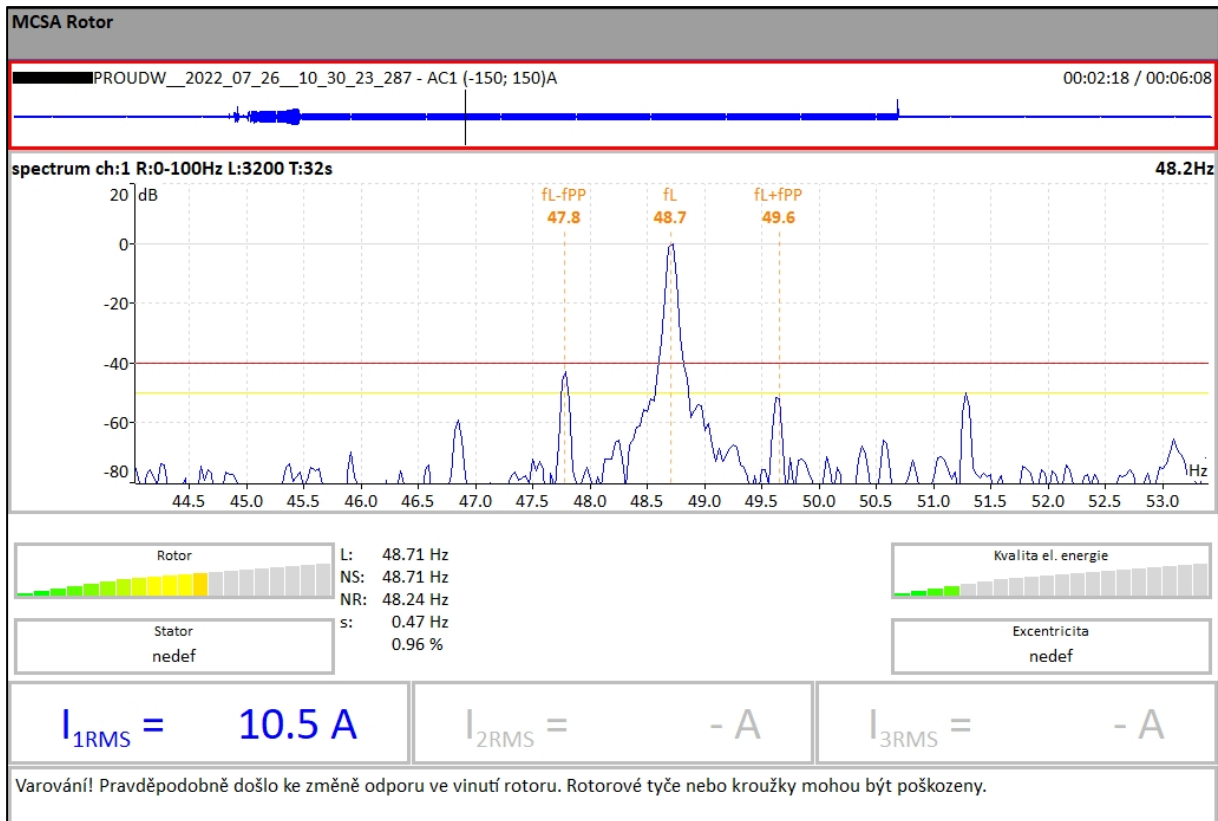
$F_s$  ... frekvence skluzu (*slip frequency*) ...  $F_s = \frac{N_s - RPM}{60}$   
 $F_s = 0,433 \text{ Hz}$

$F_p$  ... frekvence průchodu pólů (*pole pass frequency*) ...  $F_p = F_s \cdot P$   
 $F_p = 0,867 \text{ Hz}$



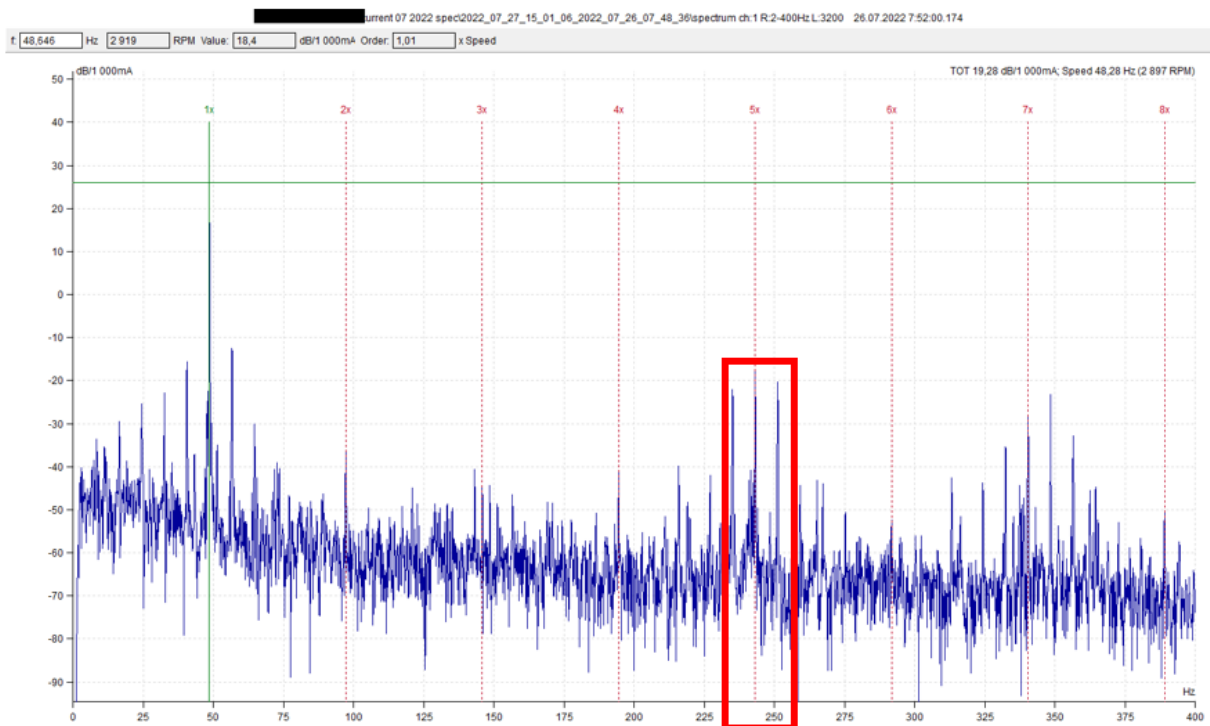
## 5 Adash MCSA modul

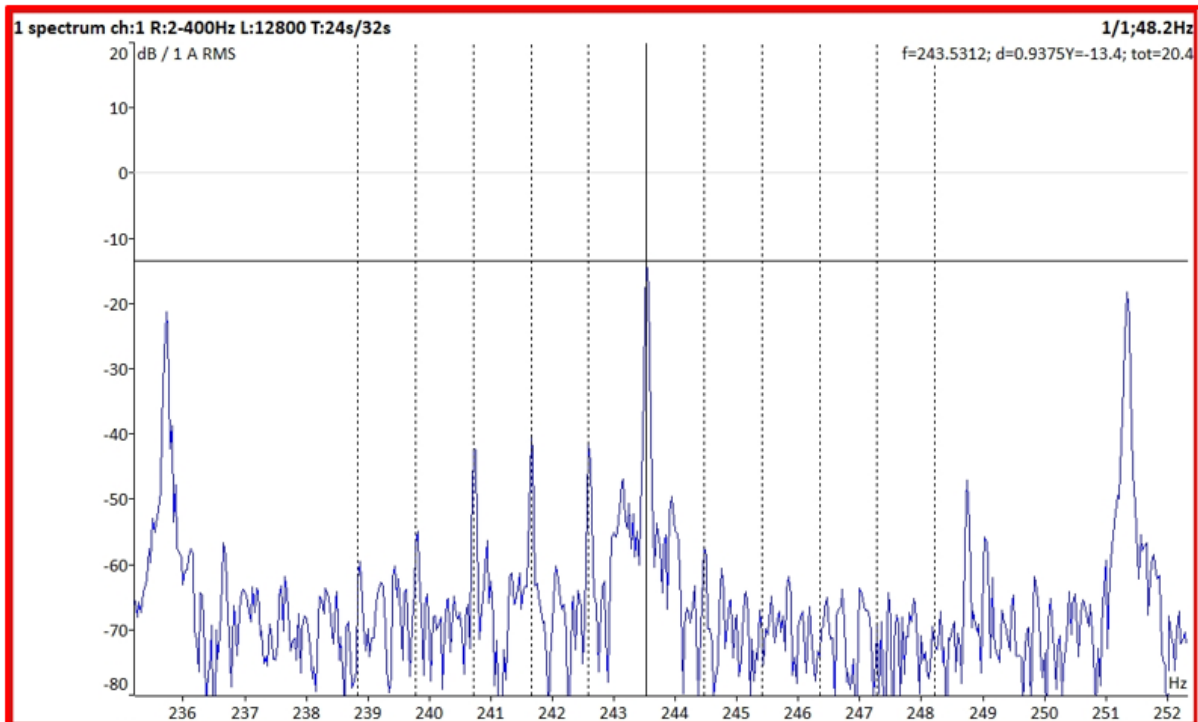
▶ 3 Fáze	ne
Fáze 1	1
Póly	2
Rotorové tyče	ndef
Napájecí frekvence [Hz]	detekuj z AC 1
Otáčky [Hz]	tacho
Uložit	



## 6 Spektrum proudu

Postranní pásma nalevo od 5 násobku napájecí frekvence (projev poruchy rotoru).





## 7 Závěr

**Měření neprokázalo poruchu ložiska, ale ukázalo na poruchu v elektrické části stroje.**

### Doporučení:

- reklamovat motor u dodavatele (případně nechat prověřit motor ve zkušebně).

### Vyjádření dodavatele motoru:

- kontrola skutečně prokázala závadu v elektrické části stroje (na rotoru),
- dodavatel dodal nový motor, který funguje bez vad.

Díky zkušebnímu provozu a měření před spuštěním výrobní linky byl problém odhalen včas. Díky tomuto nedošlo k časovému prodloužení a finanční ztrátě provozovatele ventilátoru.

Nasazení metod technické diagnostiky má smysl i na nových (nově dodaných) strojích, protože „Nový ≠ bezchybný“.

# PALIVA BUDOUCNOSTI

Daniel KURAČ, VŠB-TU Ostrava <sup>6</sup>

Poznámka: Text příspěvku zpracován dle dodané PowerPointové prezentace.

## 1 Ropa

- nejrozšířenější,
- benzín, nafta a petrolej,
- zemní plyn,
- výroba v rafinériích,
- velké emise.

## 2 Elektřina

- dlouhé nabíjení,
- malý dojezd,
- hybridní technologie,
- výroba elektřiny.

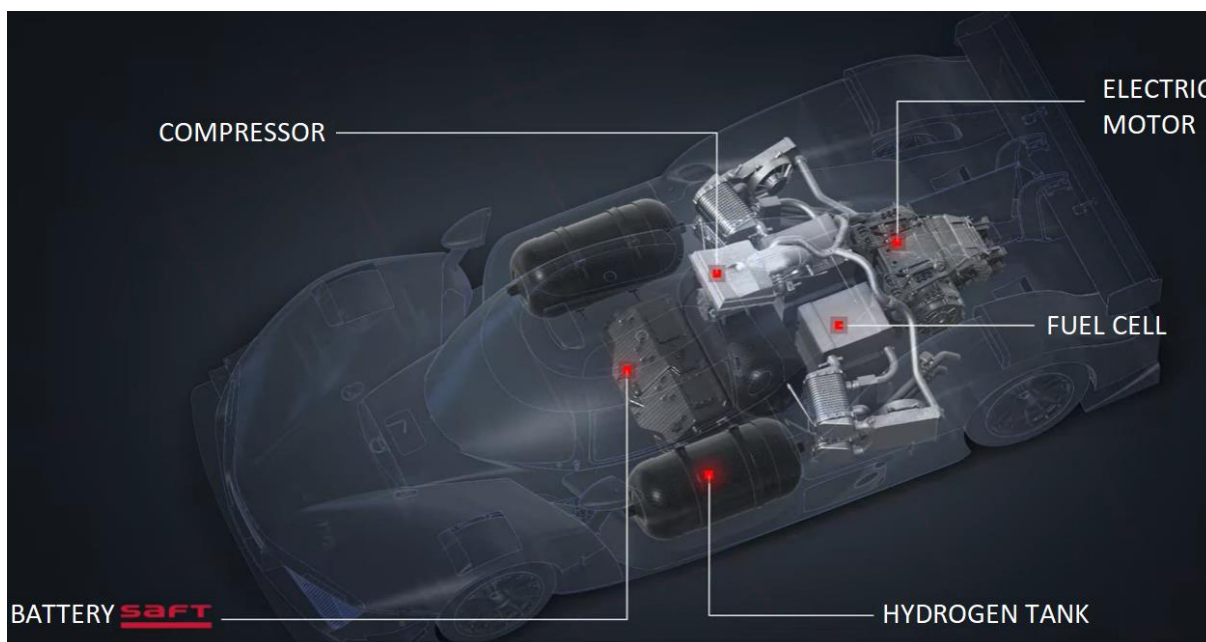
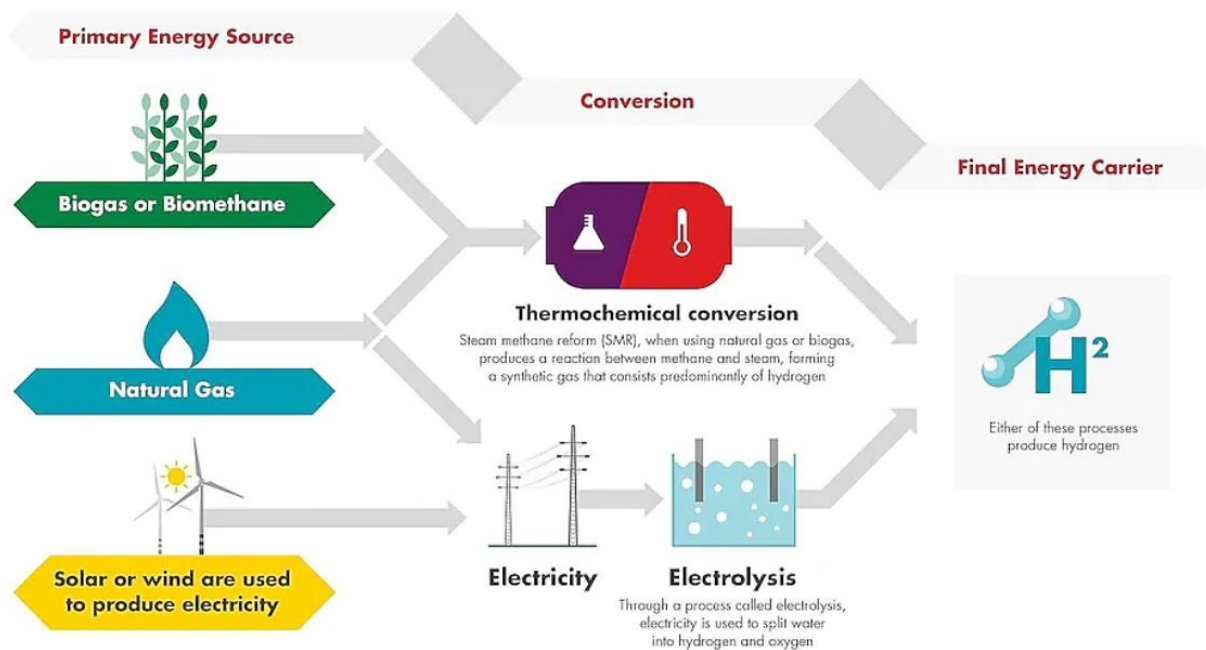
## 3 Elektřina + vodík (FCEV)

- modrý a zelený vodík,
- provoz bez emisí (voda),
- časově nenáročné tankování.

---

<sup>6</sup> Ing. Daniel Kurač

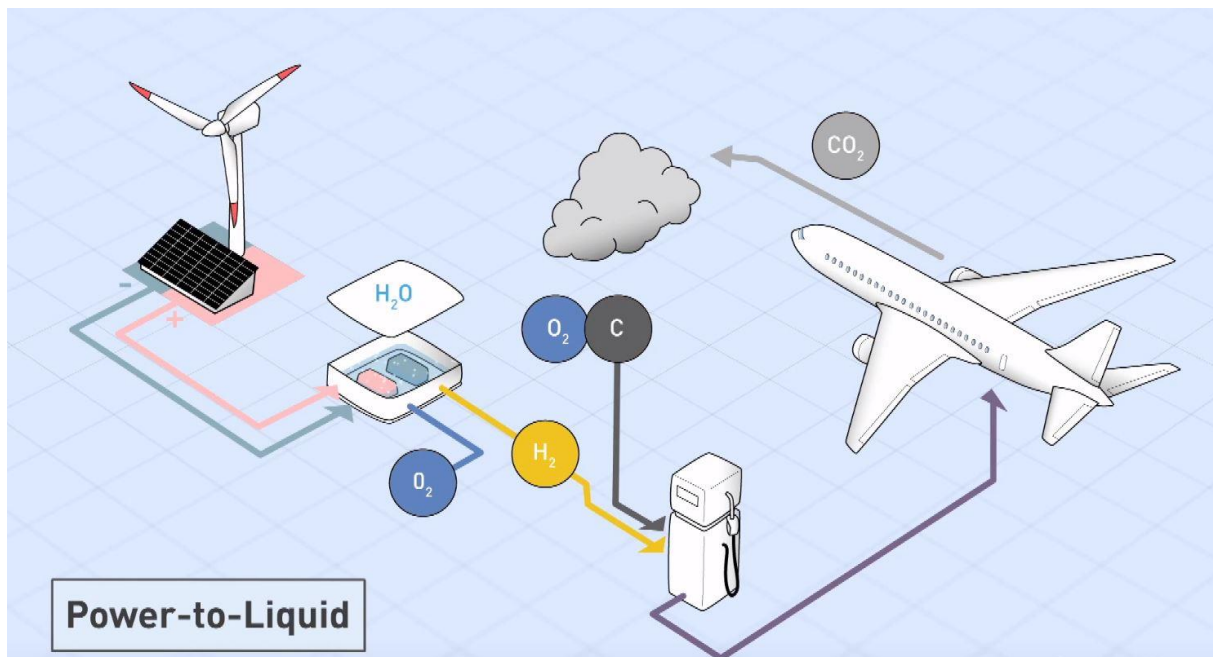
Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, FS, Katedra konstruování  
17. listopadu 2172/15, 708 00 Ostrava-Poruba  
tel.: +420 597 324 452, e-mail: daniel.kurac.st@vsb.cz



#### 4 Uhlovodíky

- obnovitelné a udržitelná paliva (přimíchávání),
- paliva do aut, lodí i letadel (SAF),
- bioplyny,
- bionafta, HVO,
- BioTfuel, IH<sup>2</sup>,
- Bioethanol.





## 5 Bioplyny (RNG)

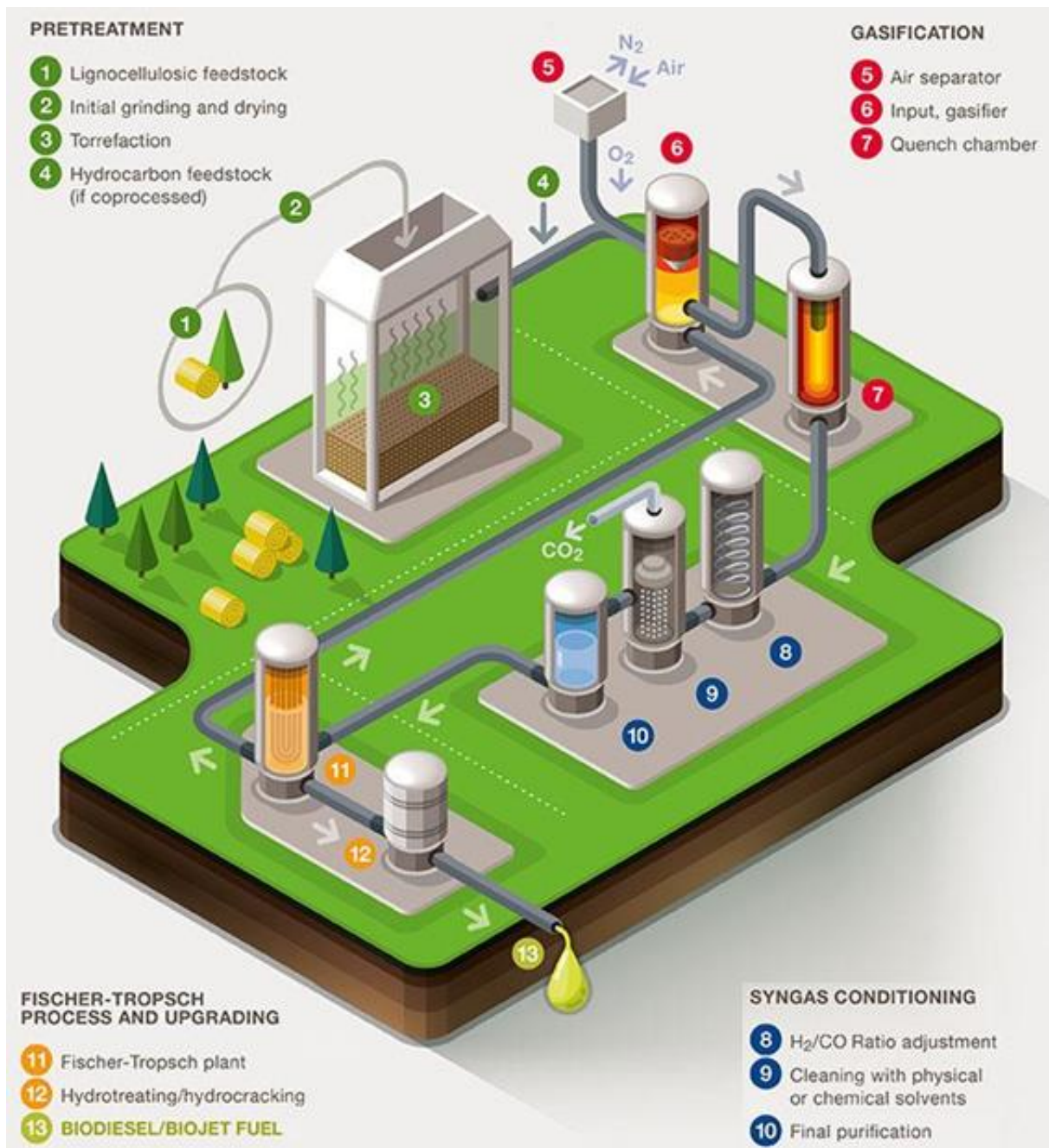
- převážně biometan (LNG, CNG, HCNG),
- vyráběno z biomasy,
- až o 85% méně emisí,
- zkapalnění ochlazením (LNG),
- velké stlačení plynu (CNG),
- CNG s přidavkem vodíku (HCNG).

## 6 Bionafta, HVO

- vyráběno z řas, přírodních tuků a olejů (lipidy),
- až o 90% méně skleníkových plynů,
- transesterifikace (bionafta),
- Hydrogenace a Hydrokrakování (HVO).

## 7 BioTfuel, IH<sup>2</sup>

- vyráběno z biomasy (celulóza, lignin),
- až o 90% méně skleníkových plynů,
- Torrefakce a Fischerova-Torpschova syntéza (BioTfuel),
- Hydropyrolýza a Hydrokonverze (IH<sup>2</sup>).



## 8 Bioethanol

- vyráběno z biomasy (cukr, škrob),
- o 65% méně skleníkových plynů,
- šampionát FIA WEC.



## Literatura

- [1] [totalenergies.cz/blog/palivo-pro-zavodni-auta-obnovitelne-zdroje](https://totalenergies.cz/blog/palivo-pro-zavodni-auta-obnovitelne-zdroje)
- [2] [totalenergies.com/media/news/press-releases/all-24-hours-le-mans-race-cars-use-100-percent-renewable-fuel-produced-by-totalenergies](https://totalenergies.com/media/news/press-releases/all-24-hours-le-mans-race-cars-use-100-percent-renewable-fuel-produced-by-totalenergies)
- [3] [totalenergies.com/energy-expertise/projects/bioenergies/biofuel-converting-plant-wastes-into-fuel](https://totalenergies.com/energy-expertise/projects/bioenergies/biofuel-converting-plant-wastes-into-fuel)
- [4] [www.missionh24.fr/en/lhydrogene/](https://www.missionh24.fr/en/lhydrogene/)
- [5] [www.shell.com/energy-and-innovation/new-energies/low-carbon-fuels](https://www.shell.com/energy-and-innovation/new-energies/low-carbon-fuels)
- [6] [www.shell.com/energy-and-innovation/new-energies/hydrogen](https://www.shell.com/energy-and-innovation/new-energies/hydrogen)
- [7] [www.chevron.com/newsroom/2022/q2/things-to-know-about-renewable-natural-gas](https://www.chevron.com/newsroom/2022/q2/things-to-know-about-renewable-natural-gas)
- [8] [www.chevron.com/-/media/chevron/operations/documents/chevron-alternative-jet-fuels.pdf](https://www.chevron.com/-/media/chevron/operations/documents/chevron-alternative-jet-fuels.pdf)
- [9] [corporate.exxonmobil.com/Climate-solutions/Advanced-biofuels](https://corporate.exxonmobil.com/Climate-solutions/Advanced-biofuels)
- [10] [corporate.exxonmobil.com/News/Newsroom/News-releases/2019/0123\\_Exxon-Mobil-and-Renewable-Energy-Group-Partner-w-Clariant-Advance-Cellulosic-Biofuel-Research#](https://corporate.exxonmobil.com/News/Newsroom/News-releases/2019/0123_Exxon-Mobil-and-Renewable-Energy-Group-Partner-w-Clariant-Advance-Cellulosic-Biofuel-Research#)
- [11] [www.bp.com/en/global/air-bp/aviation-fuel/sustainable-aviation-fuel](https://www.bp.com/en/global/air-bp/aviation-fuel/sustainable-aviation-fuel)
- [12] [www.boeingfutureofflight.com/saf](https://www.boeingfutureofflight.com/saf)
- [13] [www.airbus.com/en/newsroom/news/2021-07-power-to-liquids-explained](https://www.airbus.com/en/newsroom/news/2021-07-power-to-liquids-explained)
- [14] [www.daf.com/en/about-daf/sustainability/alternative-fuels-and-drivelines/clean-diesel-technology/hvo](https://www.daf.com/en/about-daf/sustainability/alternative-fuels-and-drivelines/clean-diesel-technology/hvo)
- [15] [www.youtube.com/c/TotalEnergiesXRacing](https://www.youtube.com/c/TotalEnergiesXRacing)
- [16] [totalenergies.com/media/video/everything-you-need-know-about-Ing-chain-three-minutes](https://totalenergies.com/media/video/everything-you-need-know-about-Ing-chain-three-minutes)
- [17] Budoucnost létání (2020)

# WPŁYW AKTYWNEGO BALANSOWANIA NA BEZPIECZEŃSTWO PRACY BATERII OGNIW LITOWYCH W WYBRANYCH UKŁADACH MASZYN GÓRNICZYCH

Wojciech KURPIEL, Instytut Techniki Górniczej KOMAG <sup>7</sup>

Poznámka: Text příspěvku zpracován dle dodané PowerPointové prezentace.

## 1 Plan wystąpienia

- geneza podjęcia tematu,
- zakres prac rozprawy doktorskiej,
- badania ogniwa litowo-żelazowo-fosforowego (LiFePO<sub>4</sub>),
- badania modelowe na stanowisku laboratoryjnym w symulowanych warunkach pracy i stałych warunkach środowiskowych,
- badania modelowe na stanowisku laboratoryjnym w symulowanych warunkach pracy i zmiennych warunkach środowiskowych,
- badania stanowiskowe aktywnego systemu balansowania BMS dla wybranej maszyny górniczej (ciągnika) PCA-1,
- wnioski końcowe.

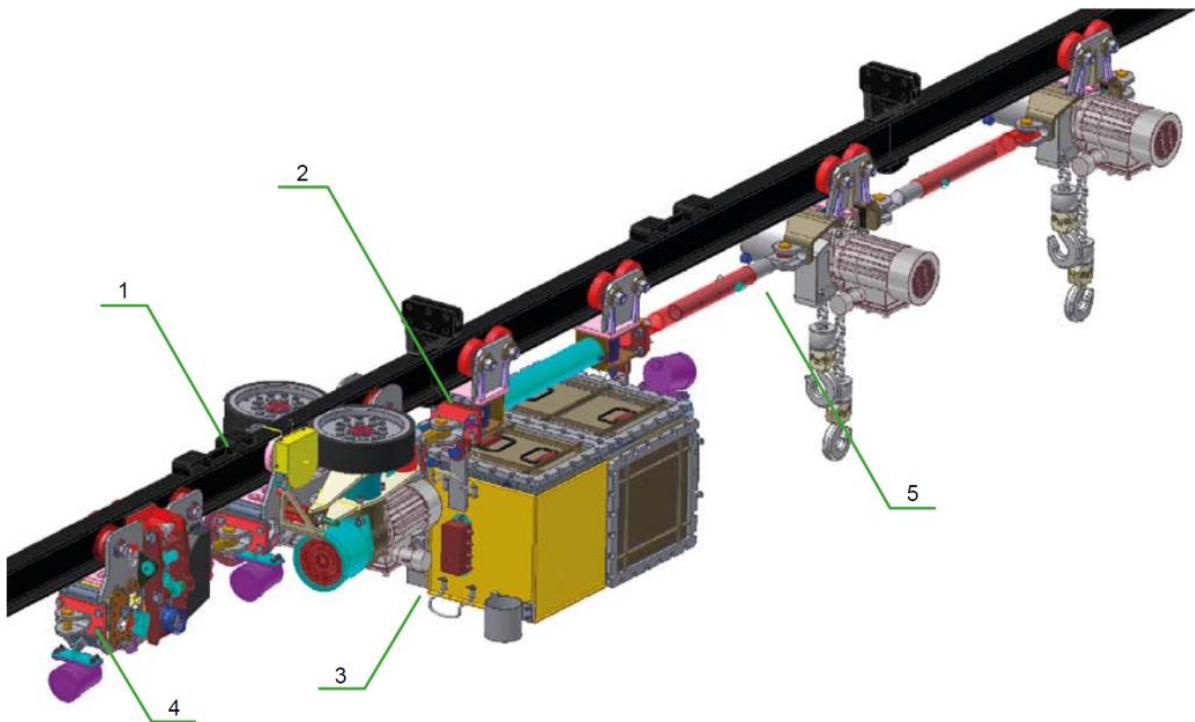
## 2 Geneza podjęcia tematu



---

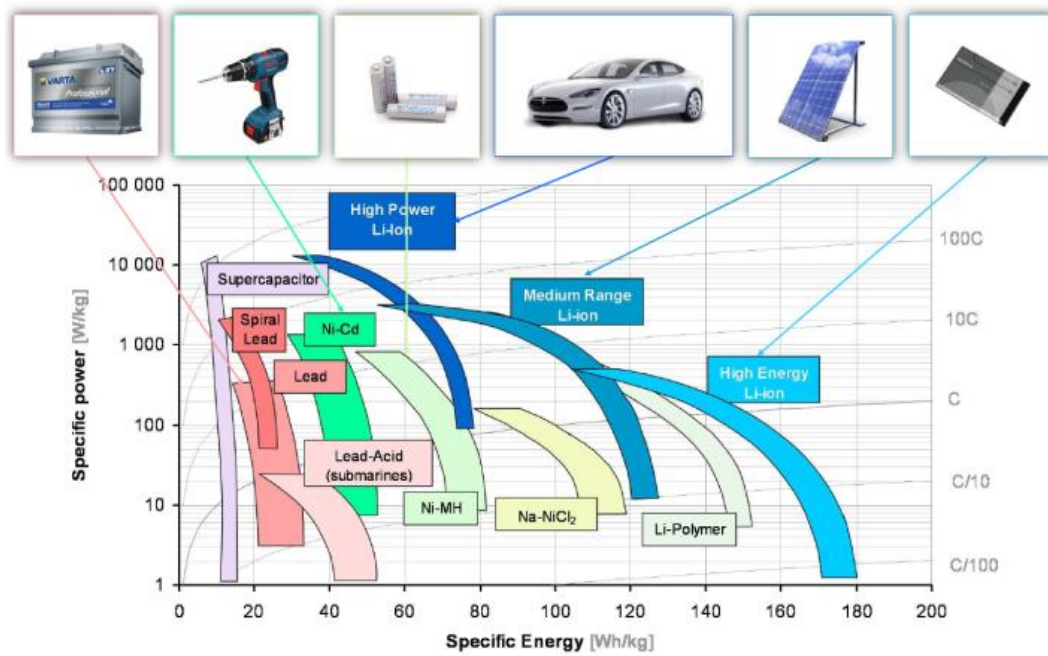
<sup>7</sup> mgr inż. Wojciech Kurpiel  
Instytut Techniki Górniczej KOMAG  
ul. Pszczyńska 37, 44-101 Gliwice





Schemat podwieszanego ciągnika akumulatorowego PCA-1

Opis: 1 - wózek napędowy; 2 - wózek aparaturowy; 3 - moduł zasilający wraz z wyposażeniem elektrycznym; 4 - wózek hamulcowy; 5 - zestaw transportowy





### Rodzaje ogniwa litowych:

- litowo-żelazowo-fosforanowe ( $\text{LiFePO}_4$ ),
- litowo-jonowe (Li-Ion),
- litowo-polimerowe (Li-Po),
- litowo-tytanowe (LTO),
- litowo-manganowe ( $\text{Li-Mn}_2\text{O}_4$ ),
- litowo-powietrzne (Li-Air),
- litowo-grafenowe (Li-G+).

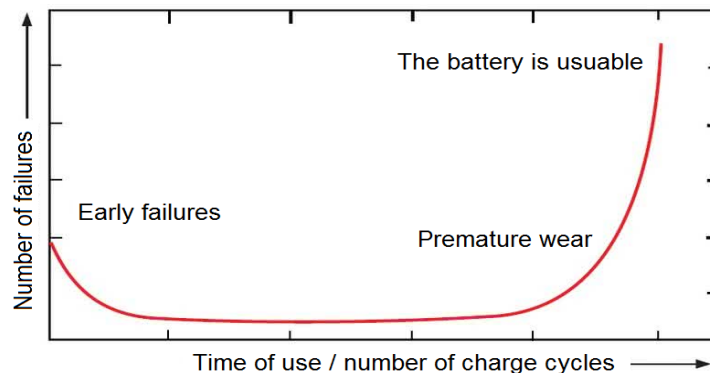
### Cechy ogniw grupy litowej

#### Zalety:

- duża gęstość energii,
- brak gazowania,
- szeroki zakres temperatury pracy,
- możliwość ładowania i rozładowania dużymi prądami,
- brak korekcji temperaturowej napięcia ładowania,
- brak spadku pojemności,
- minimalne samorozładowanie.

#### Wady:

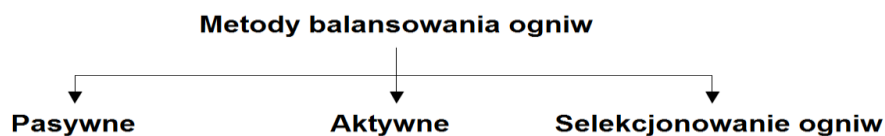
- cena,
- konieczny nadzór baterii przez system BMS,
- wrażliwość na przeładowanie i nadmierne rozładowanie.





### Najczęstsze powody awarii ogniw litowych w czasie eksploatacji:

- brak systemu kontrolującego pracę baterii,
- wysoka temperatura pracy, powyżej dopuszczonej przez producenta,
- zanieczyszczenia wewnątrz ogniwa,
- przechowywania ogniw w złych warunkach,
- przeładowanie ogniwa,
- głębokie rozładowanie ogniwa,
- błędy montażowe ogniw.



BMS (ang. Battery Management System) jest systemem, który nadzoruje i zarządza baterią ogniw podczas ładowania, rozładowywania a także w stanie spoczynku.

### 3 Zakres pracy

- analiza i ocena charakterystyk zagrożeń stosowania ogniw litowych w przemyśle węglowym,
- krytyczna analiza literaturowa stosowanych na świecie rozwiązań układów balansowania ogniw litowych,
- sformułowanie kryteriów oceny efektywności energetycznej i niezawodności pracy baterii ogniw litowych współpracujących z układami balansowania w przemyśle węglowym,
- przeprowadzenie porównawczych badań modelowych, na stanowisku laboratoryjnym, efektywności pracy baterii litowo-żelazowo-fosforanowych ( $\text{LiFePO}_4$ ) bez i z wybranymi układami balansowania tak pasywnego jak i aktywnego,
- opracowanie konstrukcji i wykonanie dwóch modeli aktywnych układów balansujących wraz z przeprowadzeniem badań porównawczych,
- przeprowadzenie testujących badań porównawczych w warunkach rzeczywistych dla baterii ogniw litowo-żelazowo-fosforanowych współpracujących z aktywnym układem balansującym typu bateria do ogniwa zasilającym wybrany górniczy ciągnik podwieszony,

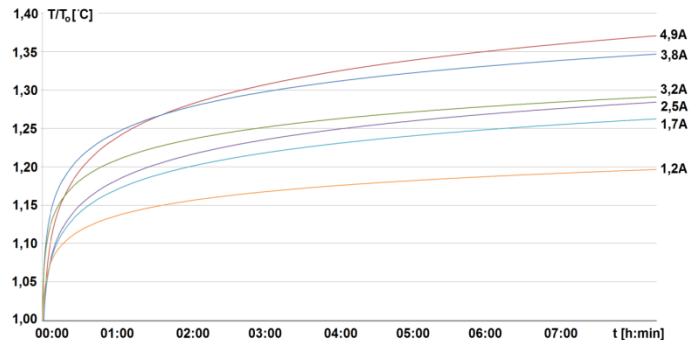
- sformułowanie wniosków i wytycznych dotyczących możliwości efektywnej pracy baterii litowych w układach zasilania maszyn górniczych.

#### 4 Badania ogniwa litowego

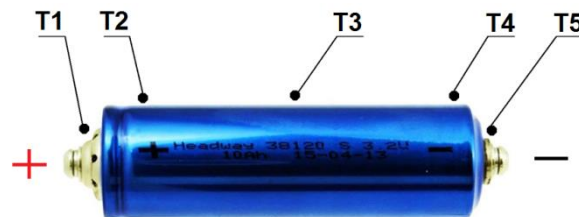
- stanowiskowe



Stanowisko do badania rozkładu temperatury na obudowie ogniwa podczas rozładowania



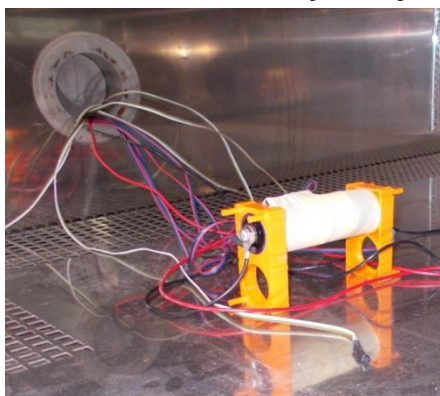
Wzrost temperatury ogniwa  $T$ , (czujnik  $T_1$ ) podczas rozładowania (do minimalnej wartości napięcia  $U_{min}$  równej 2,5V) dla różnych prądów obciążenia w warunkach wolnej przestrzeni. ( $T_0 = 22^\circ\text{C}$ ).



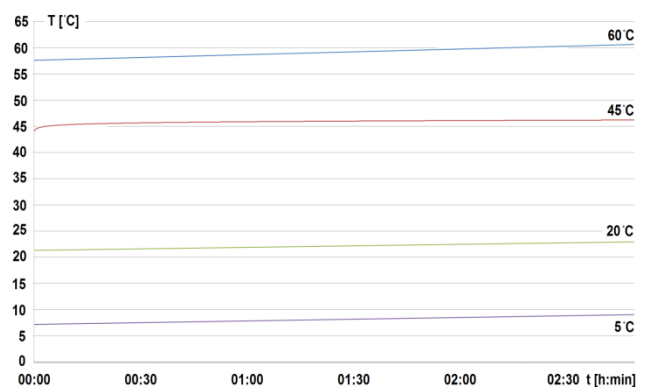
$T_1 - T_5$  - pomiar temperatury ogniwa

Rozmieszczenie czujników temperatury na ogniwie Headway LFP38120(S) 10Ah

- w komorze klimatycznej

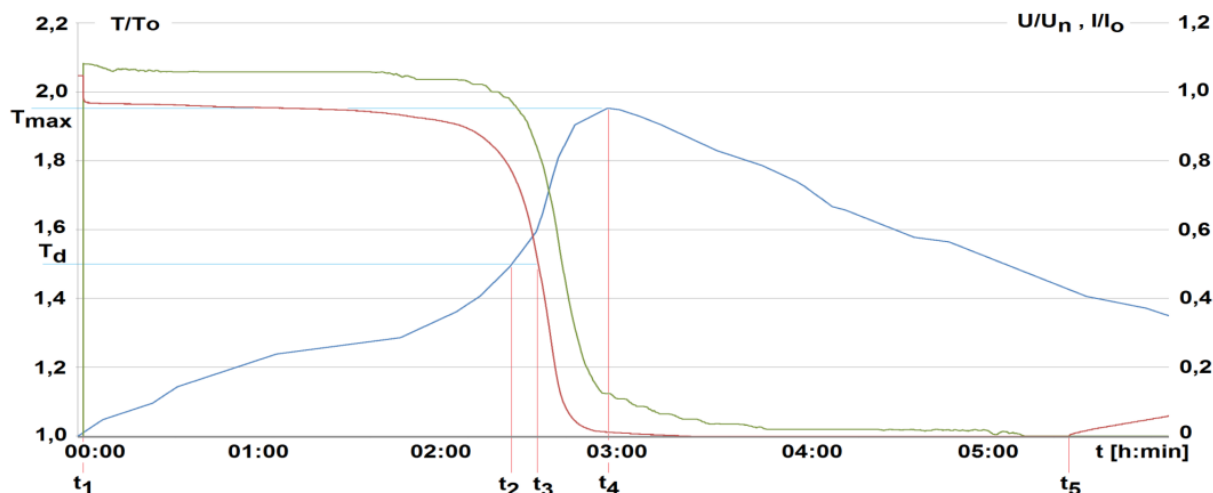


Stanowisko do badania rozkładu temperatury na obudowie ogniwa litowego w komorze klimatycznej.

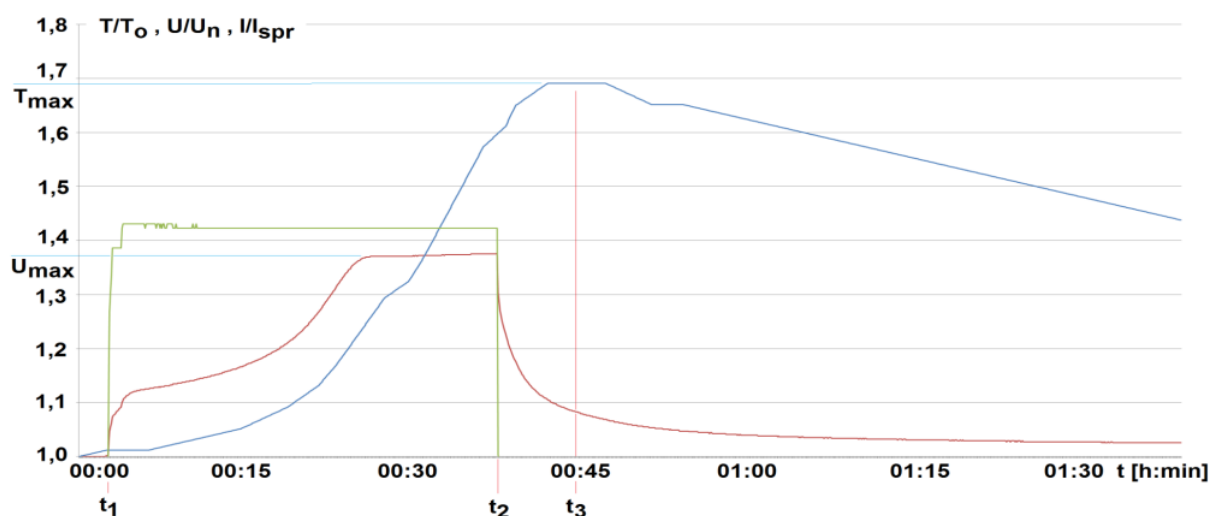


Rozkład temperatury na obudowie ogniwa litowego podczas rozładowania w komorze klimatycznej z tego samego czujnika dla różnych ustalonych temperatur przy wilgotności 75%

## 5 Badania termiczne ogniwa litowego

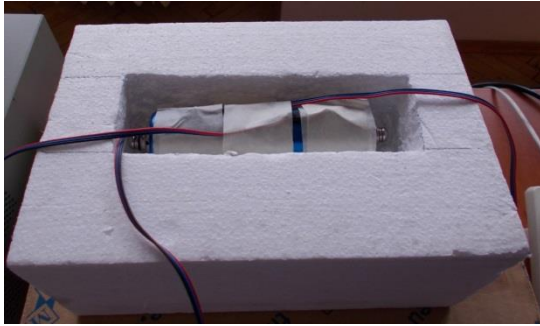


Wahania napięcia (linia czerwona), prądu (linia zielona) i wartości temperatury (linia niebieska,  $T_1$ ) ogniwa w czasie podczas głębokiego rozładowania (do około 10% wartości napięcia znamionowego) dla stałego prądu obciążenia wynoszącego 3,8 A. (temperatura pokojowa  $T_o = 22^\circ\text{C}$ , swobodne chłodzenie;  $t_1$ ,  $t_5$  - moment załączenia i wyłączenia prądu obciążenia,  $t_2$  - temperatura  $T_d$  ( $33^\circ\text{C}$ ) przy minimalnej wartości napięcia zarejestrowana w  $t_3$ ;  $t_4$  - czas maksymalnej temperatury  $T_{\text{max}}$  ( $43^\circ\text{C}$ )).

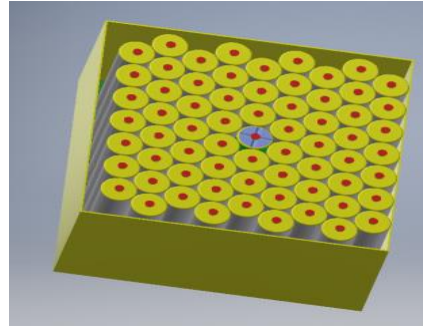


Zmiana temperatury (czujnik  $T_1$  - linia niebieska), prądu obciążenia (linia zielona) i napięcia ogniwa ( $\text{LiFePO}_4$ )  $U/U_n$  (linia czerwona) w funkcji czasu podczas przeladowania (napięcie  $U_{\text{max}}$  powyżej 37%)

Znamionowe  $U_n = 3,2 \text{ V}$ , temperatura otoczenia  $T_o = 22^\circ\text{C}$ ,  $t_1$ ,  $t_2$  - czas załączenia i wyłączenia ładowarki,  $t_3$  - czas maksymalnej temperatury  $T_{\text{max}} = 37^\circ\text{C}$

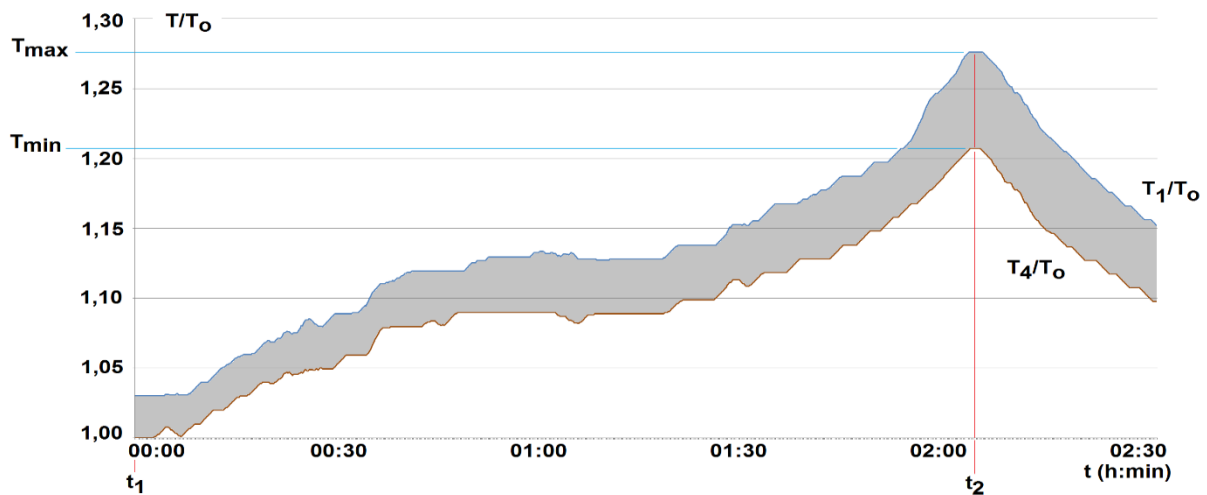


Stanowisko do badania rozkładu temperatury na obudowie ogniwa litowego w komorze zbudowanej ze styropianu



Rysunek poglądowy rozmieszczenia ogniw w obudowie z ograniczonym chłodzeniem

## 6 Badania stanowiskowe ogniwa litowego



Zmiany temperatury na obudowie ogniwa w czasie, w różnych punktach pomiarowych ( $T_1 \dots T_5$ ) przy rozładowaniu prądem 4,9 A (około 50% wartości standardowego rozładowania), temperatura pokojowa  $T_0 = 21^\circ\text{C}$

Opis wykresów:  $t_1$  – podłączenie obciążenia,  $t_2$  – odłączenie obciążenia).

## 7 Badania systemów BMS na stanowisku badawczym



Kontroler ogniw z balansowaniem pasywnym



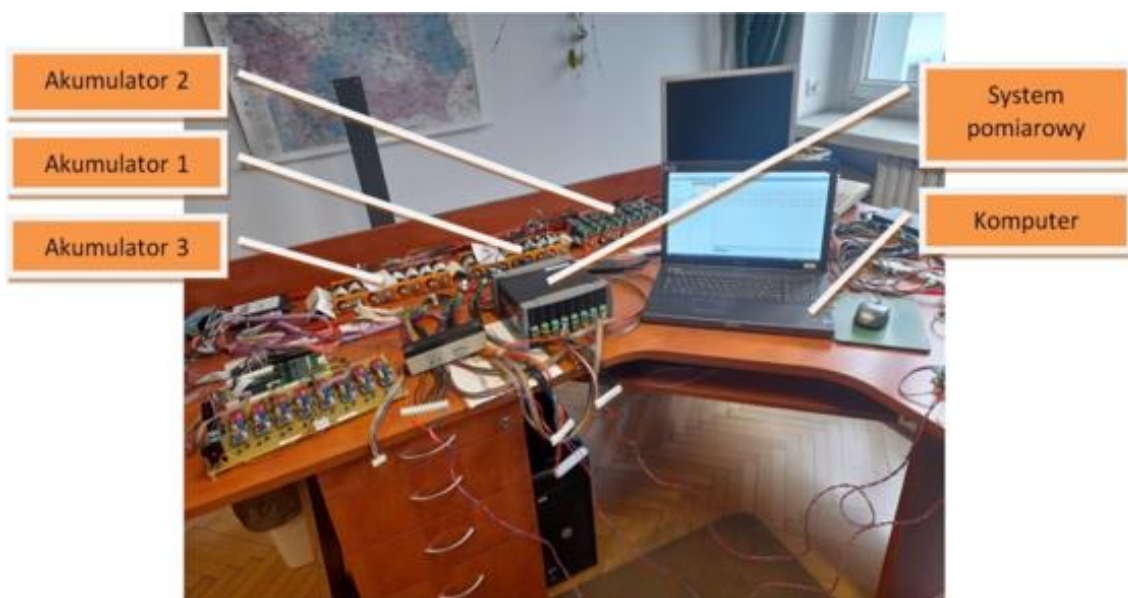
Kontroler ogniw z balansowaniem aktywnym metodą baterii do ogniwa



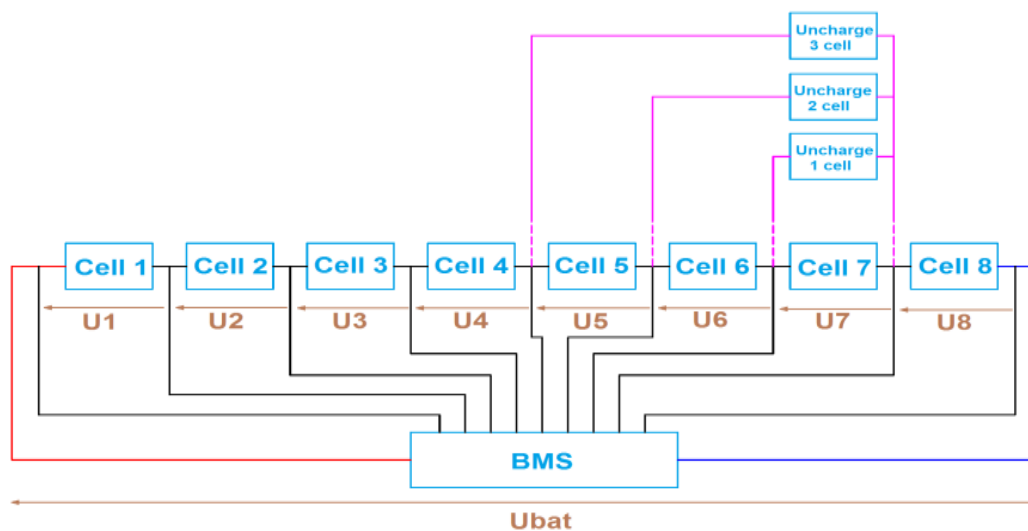
Kontroler ogniw z balansowaniem aktywnym metodą ogniwo do baterii



Akumulator zbudowany z ośmiu ogniw litowych



Stanowisko badawcze dla prób dotyczących rozładowania i balansowania akumulatorów litowych z wykorzystaniem systemów BMS



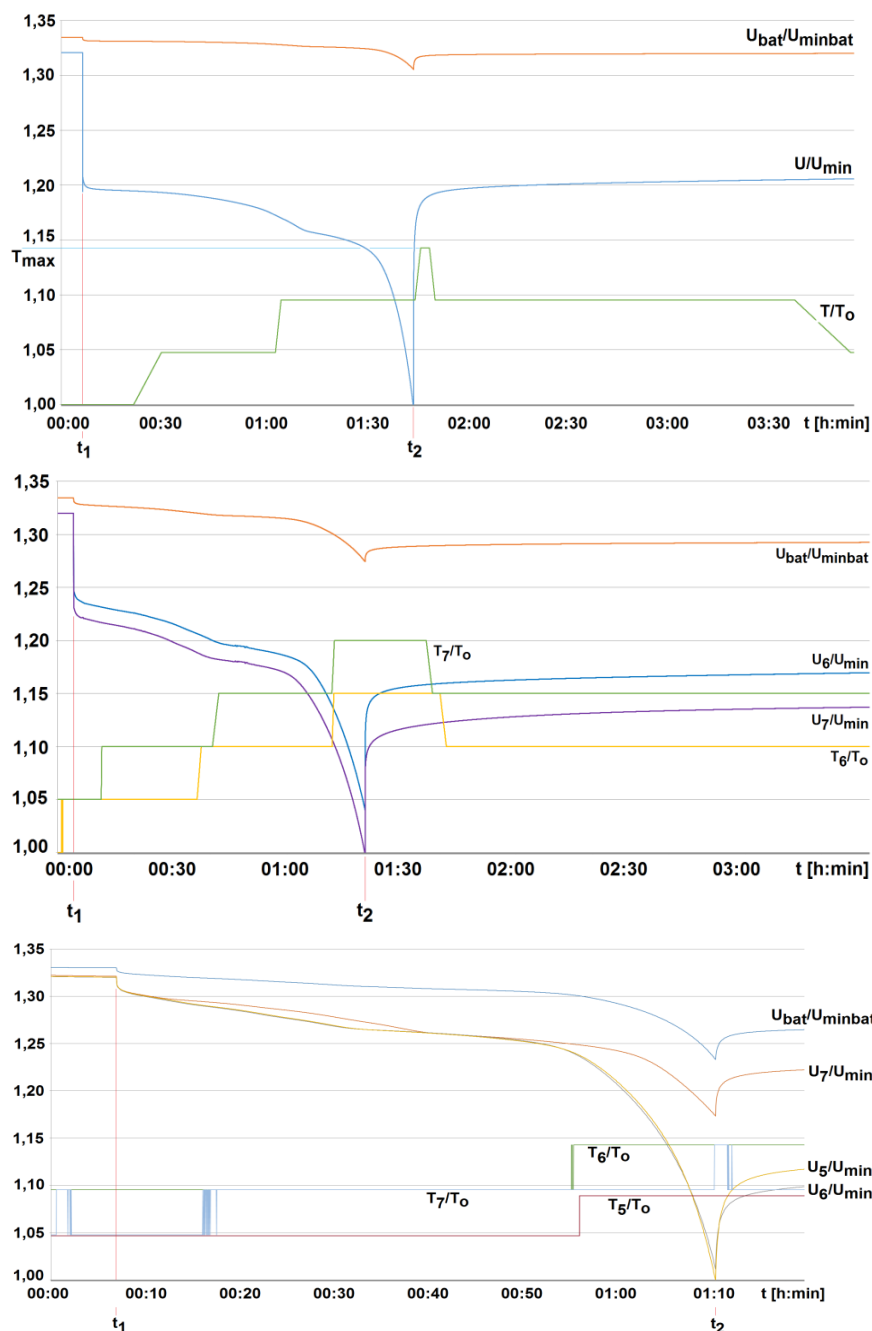
Schemat blokowy układu testowania ogniw dla badanych akumulatorów z podłączonym systemem BMS podczas symulacji obciążenia jedno-, dwu- oraz trzyogniwowego



Balansowanie ogniw rozpoczyna się w trakcie rozładowywania, gdy wartość napięcia ogniw zawiera się w przedziale od 2,5 V do 3,05 V, natomiast pasywne balansowanie rozpoczyna się w trakcie doładowania, gdy wartość napięcia ogniw zawiera się w przedziale od 3,2 V do 3,65 V. Obciążenie 2,5 A.

Prąd balansowania:

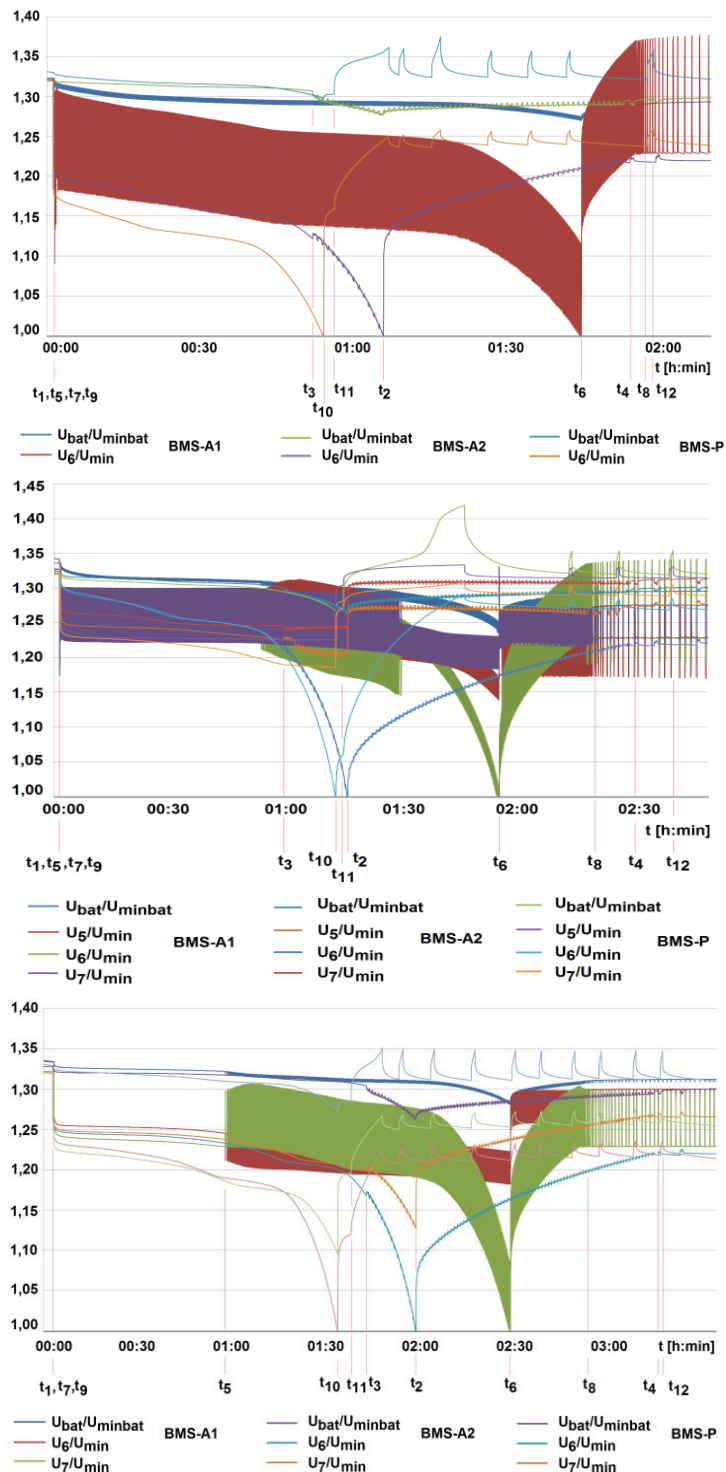
- balansowanie aktywne 2 A,
- balansowanie pasywne 200 mA.



Wykresy przebiegu wartości napięcia na jednym, dwóch oraz trzech obciążonych ogniwach bez systemu BMS

Opis wykresów:  $t_1$  - podłączenie obciążenia,  $t_2$  - odłączenie obciążenia





Wykresy przebiegu wartości napięcia na jednym, dwóch oraz trzech obciążonych ogniwach bez systemu BMS

Opis wykresów:  $t_1, t_2, t_5, t_6, t_9, t_{10}$  - moment włączenia i wyłączenia obciążenia prądem 2,5 A,  $t_3, t_4, t_7, t_8, t_{11}, t_{12}$  - włączanie i wyłączenie balansowania,  $U_{min}$  - minimalne napięcie ogniwa równe 2,5 V,  $U_{minbat}$  - minimalne napięcie akumulatora 20 V,  $U_{bat}$  - napięcie akumulatora (maksymalne 29,2 V)

## 8 Badania systemów BMS w komorze klimatycznej



Akumulator zbudowany z ośmiu ogniw litowych



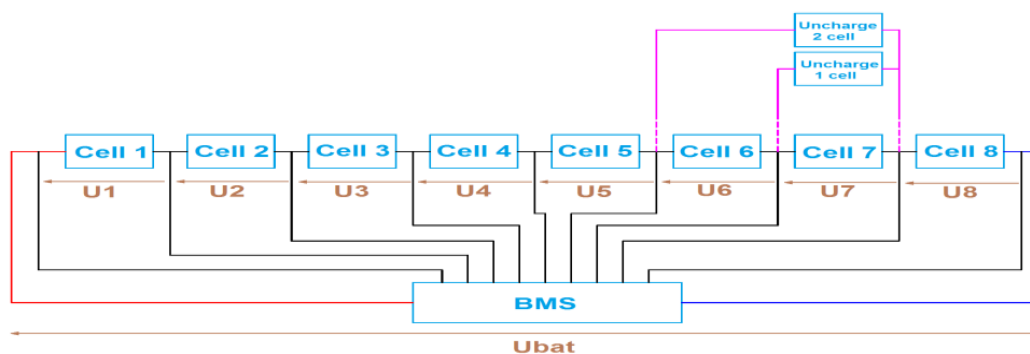
Kontroler ogniw z balansowaniem aktywnym metodą bateria do ogniwa



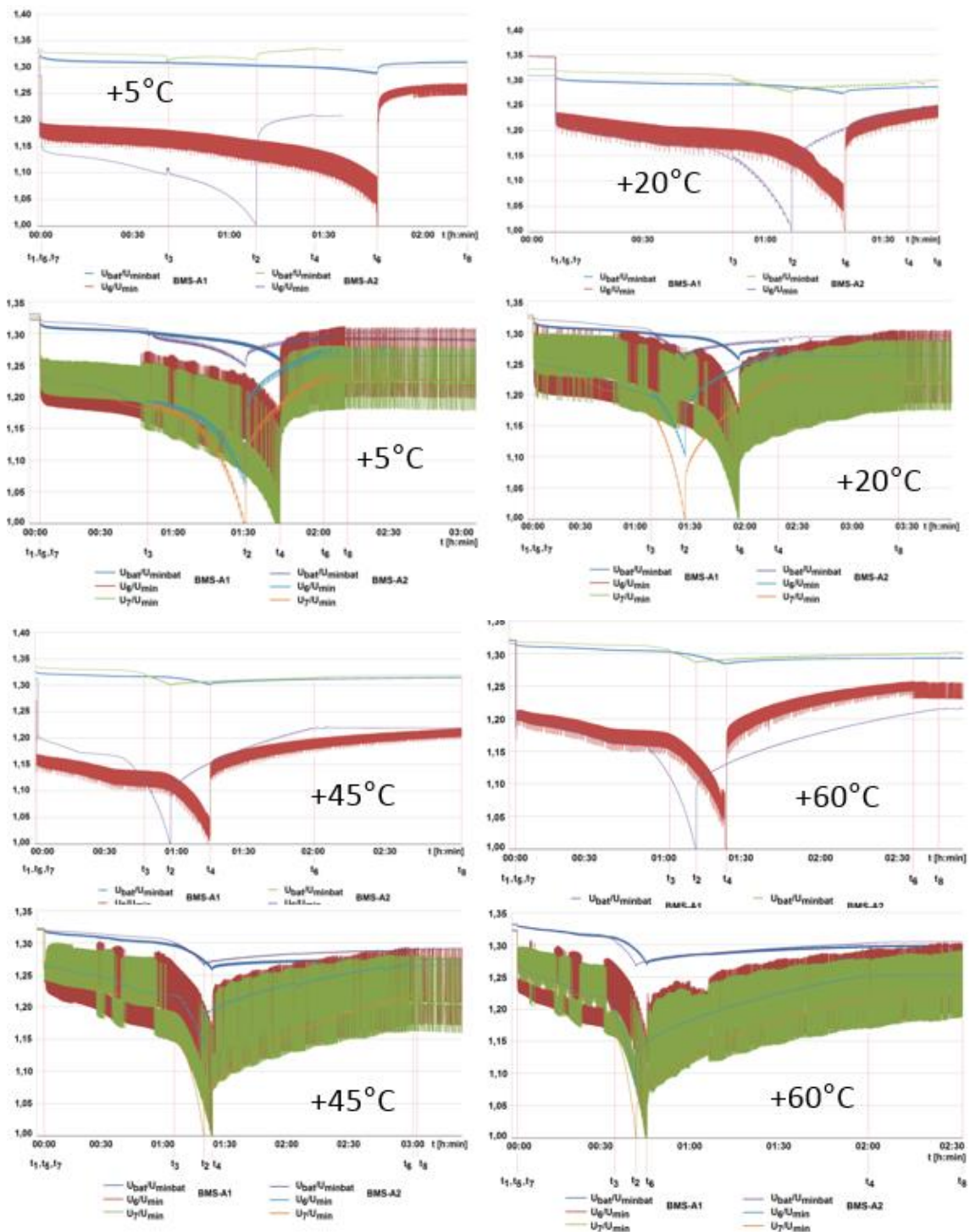
Kontroler ogniw z balansowaniem aktywnym metodą ogniwo do baterii



Badania zostały wykonane w komorze klimatycznej dla temperatur:  $+5^{\circ}\text{C}$ ,  $+20^{\circ}\text{C}$ ,  $+45^{\circ}\text{C}$ ,  $+60^{\circ}\text{C}$  i wilgotności 75%



Schemat blokowy układu testowania ogniw dla badanych akumulatorów z podłączonym systemem BMS podczas symulacji obciążenia jedno- oraz dwuogniwowego. Balansowanie ogniw rozpoczyna się w trakcie rozładowywania, gdy wartość napięcia ogniw zawiera się w przedziale od 2,5 V do 3,05 V. Obciążenie 2,5 A. Prąd balansowania 2 A.

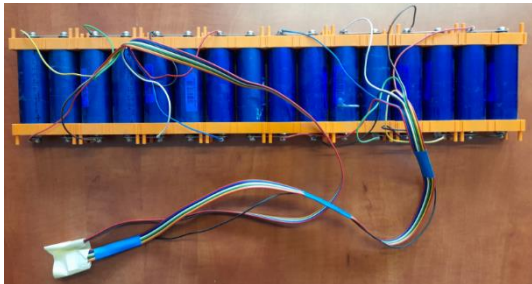


Wykresy przebiegu wartości napięcia na obciążonych ogniwie/ogniwach dla badanych systemów BMS

Opis wykresów:  $t_1, t_2, t_5, t_6$  - moment włączenia i wyłączenia obciążenia prądem 2,5 A  
 $t_3, t_4, t_7, t_8$  - włączanie i wyłączenie aktywnego balansowania,  $U_{min}$  - minimalne napięcie ogniwa równe 2,5 V,  $U_{minbat}$  - minimalne napięcie akumulatora 20 V,  $U_{bat}$  - napięcie akumulatora (maksymalne 29,2 V)



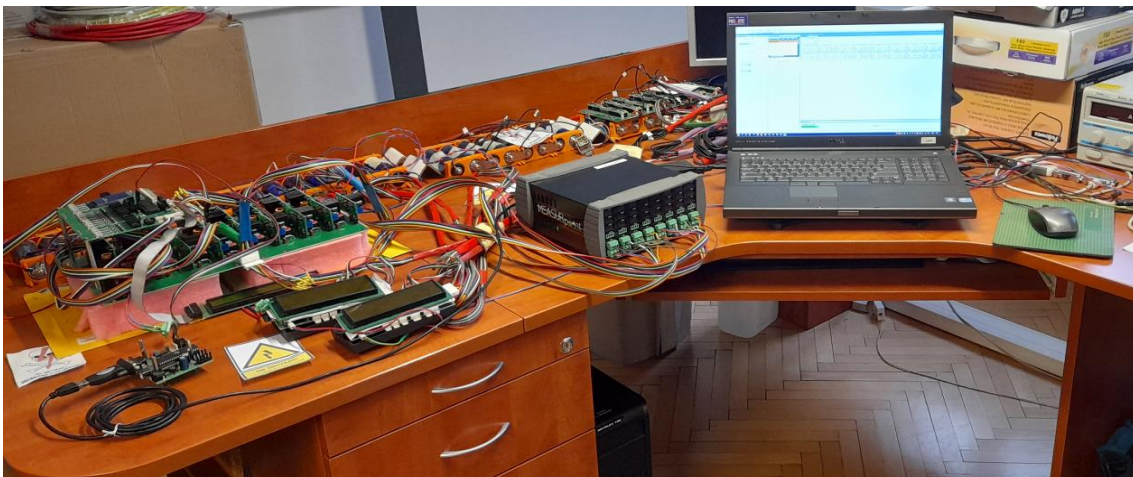
## 9 Badania stanowiskowe aktywnego systemu BMS



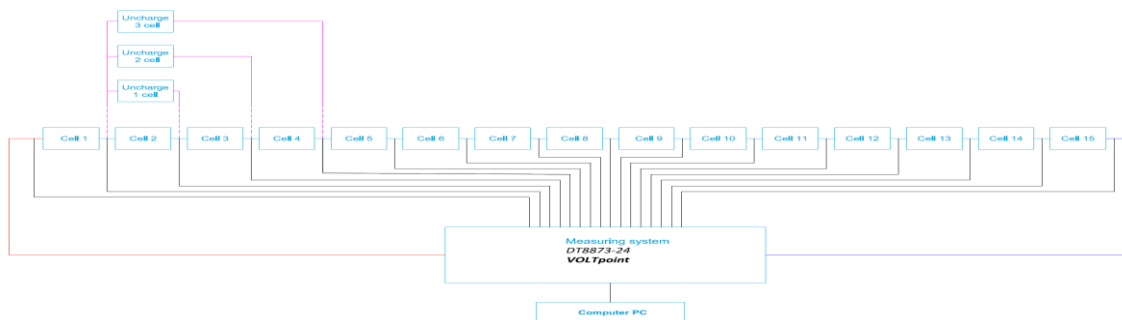
Akumulator zbudowany z szesnastu ogniw litowych



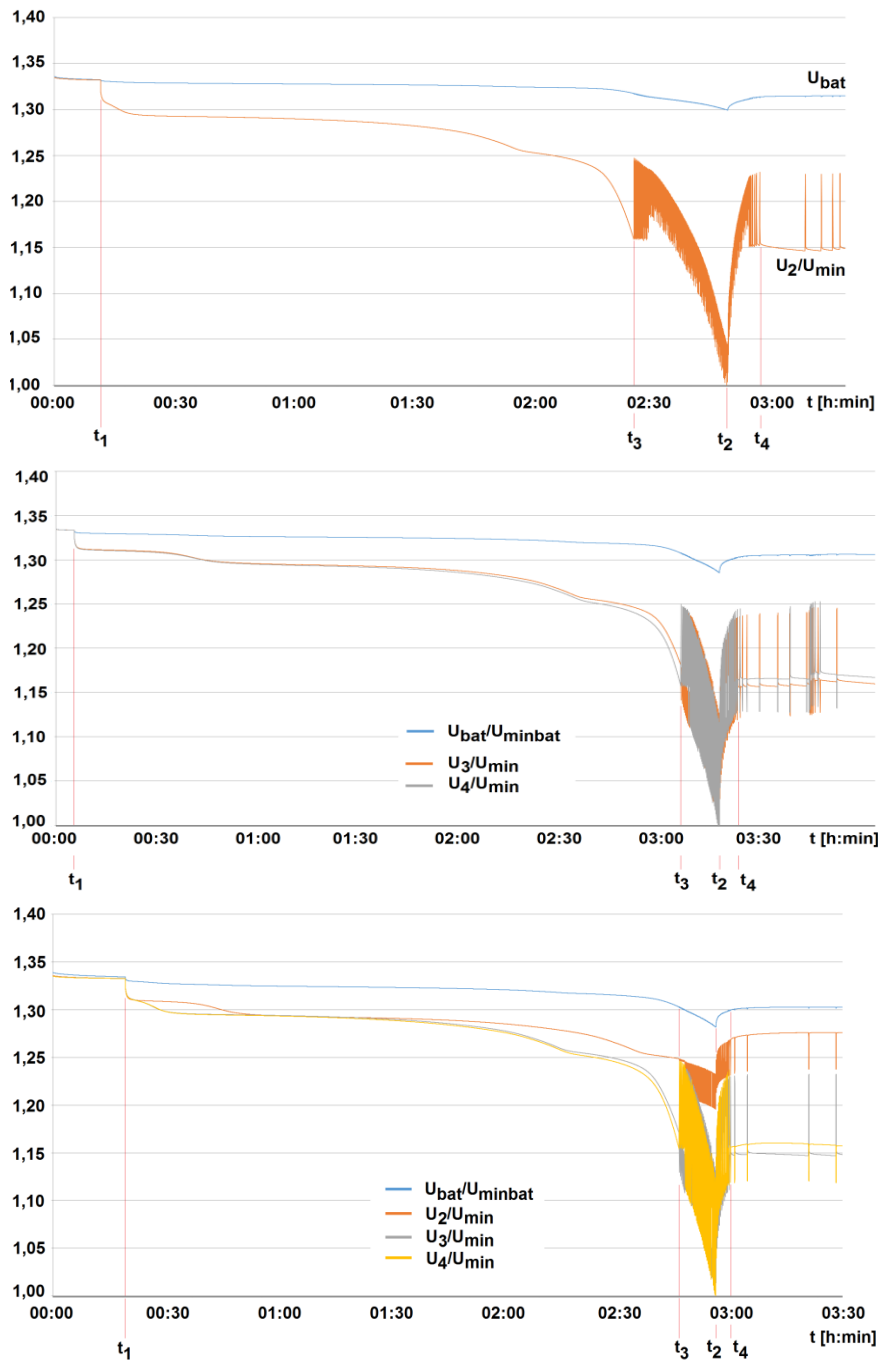
Kontroler ogniw z balansowaniem aktywnym metodą bateria do ogniwa



Stanowisko badawcze dla prób dotyczących rozładowania i balansowania ogniw litowych z wykorzystaniem aktywnego systemu BMS



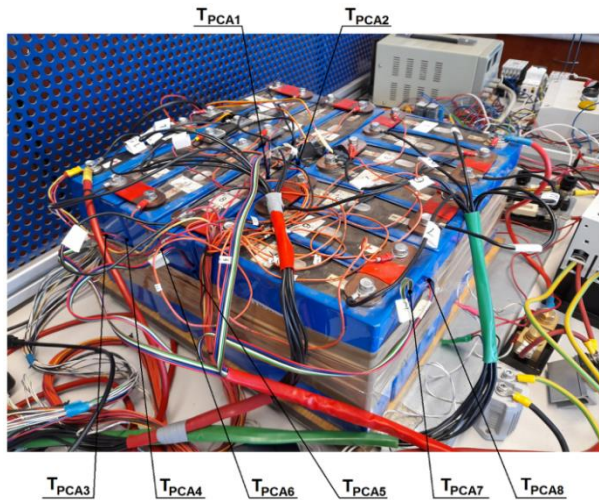
Schemat blokowy układu testowania ogniw dla badanych akumulatorów z podłączonym systemem BMS podczas symulacji obciążenia jedno-, dwu- oraz trzyogniowego. W wyniku konfiguracji, aktywne balansowanie ogniw rozpoczyna się w trakcie rozładowywania, gdy wartość napięcia ogniw zawiera się w przedziale od 2,5 V do 3,05 V. Obciążenie 2,5 A. Prąd balansowania 2 A.



Wykresy przebiegu wartości napięcia na jednym, dwóch i trzech obciążonych ogniwach dla badanego aktywnego systemu BMS

Opis wykresów:  $t_1$  - podłączenie obciążenia,  $t_2$  - odłączenie obciążenia,  $t_3$  - start balansowania ogniw,  $t_4$  - wyłączenie balansowania ogniw

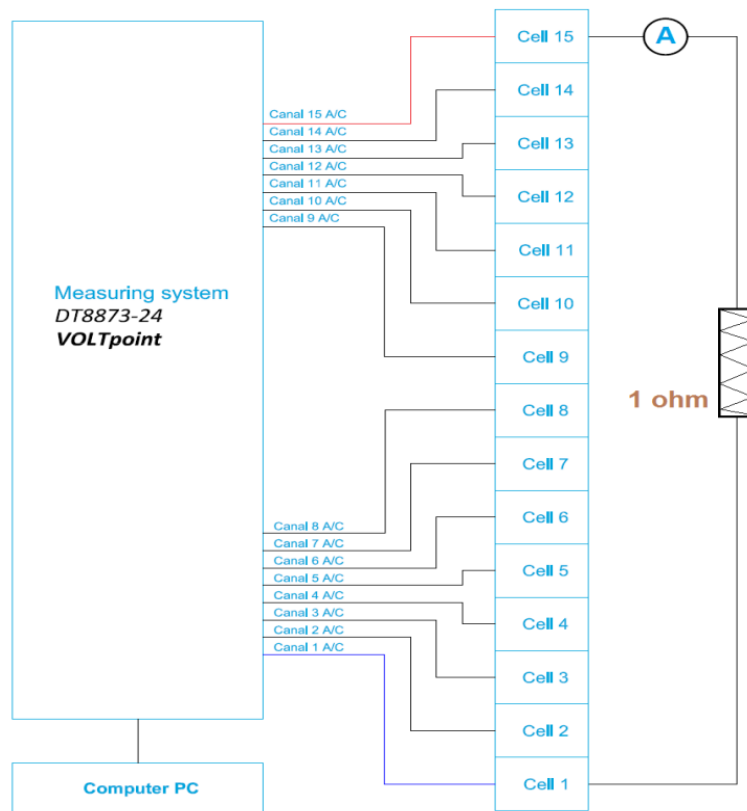
## 10 Badania laboratoryjne aktywnego systemu BMS



Akumulator litowo-żelazowo-fosforanowy używany w podwieszonym ciągniku akumulatorowym PCA-1, z rozmieszczonymi czujnikami temperatury



Stanowisko badawcze dla prób rozładowania i balansowania akumulatora używanego podwieszonym ciągniku akumulatorowym PCA-1 podłączonego do aktywnego systemu BMS

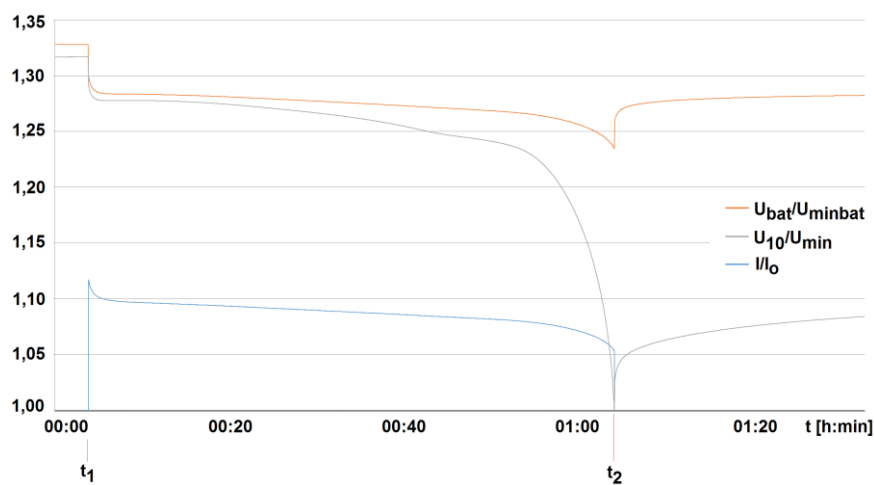


Schemat blokowy układu testowania ogniw używanych w PCA-1 dla badanego akumulatora z podłączonym aktywnym systemem BMS. Balansowanie ogniw rozpoczyna się w trakcie rozładowywania, gdy wartość napięcia ogniw zawiera się w przedziale od 2,5 V do 3,05 V. Obciążenie 2,5 A. Prąd balansowania 2 A.

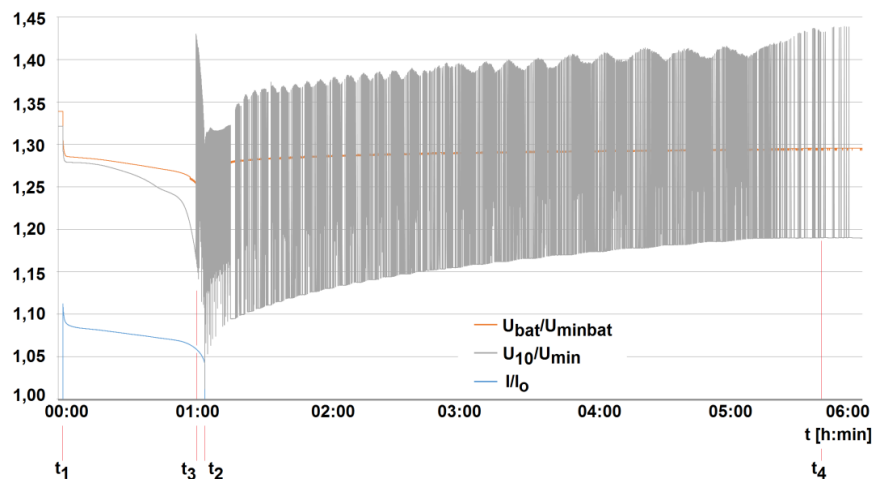




Podwieszany ciągnik akumulatorowy PCA-1



Wykresy przebiegu wartości napięcia na zaciskach obciążonego akumulatora oraz na najbliższym ogniwie bez podłączonego aktywnego systemu BMS



Wykresy przebiegu wartości napięcia na zaciskach obciążonego akumulatora oraz na najbliższym ogniwie z podłączonym aktywnym systemem BMS

Opis wykresów:  $t_1$  - podłączenie obciążenia,  $t_2$  - odłączenie obciążenia,  $t_3$  - start balansowania ogniw,  $t_4$  - wyłączenie balansowania ogniw

## 11 Podsumowanie

1. Istnieje wiele odmian układów balansujących ogniw, mogących współpracować z akumulatorami stosowanymi w urządzeniach i maszynach górniczych. Wybór takiego układu powinien być dopasowany do konkretnego zastosowania, ze względu na maksymalne i minimalne napięcie, temperaturę pracy oraz pojemność zastosowanego ogniwa podane przez producenta. Dodatkowo stosując balansowanie aktywne należy w zależności od pojemności ogniwa dobrać prąd doładowujący ogniwa.
2. Z badań również wynika, że poszczególne ogniwa tego samego typu nagrzewają się różnie i wykazują inny przebieg obniżania się napięcia w czasie obciążenia i balansowania, nawet przy obciążeniu tą samą wartością prądu. Należy podkreślić, że zmiana parametrów poszczególnych ogniw ma miejsce również podczas pracy. Z tego powodu potrzebne jest ich zbalansowanie. Dlatego badane ogniwa litowo-żelazowo-fosforanowe ( $\text{LiFePO}_4$ ) mogą być wykorzystywane do zasilania wybranych akumulatorowych podwieszanych pojazdów górniczych pod warunkiem zastosowania odpowiedniego aktywnego systemu BMS.
3. Uzyskane wyniki badań przeprowadzonych dla dwóch opracowanych aktywnych BMS-ów przeznaczonych do zasilania podwieszanego pojazdu górniczego wskazują, że metoda bateria-do-ogniwa jest najbardziej użyteczna. Na przykład czas rozładowania napięcia akumulatora (czyli odpowiednio czas życia) wzrósł o ponad 70% w porównaniu do pracy bez BMS, dla 25% obciążonych ogniw. Wraz ze wzrostem liczby ładowanych (rozładowanych) ogniw (pod warunkiem, że nie przekracza 50%) efekt ten staje się bardziej widoczny. Należy zauważyć, że choć wpływ temperatury otoczenia znacznie skraca czas rozładowania, to nie powoduje nadmiernego wzrostu temperatury ogniw.

# PŘEDPOVĚDI VĚDY A TECHNIKY, KTERÉ SE TAK ÚPLNĚ NEPODAŘILY

Kristýna KUTIOVÁ, VŠB-TU Ostrava <sup>8</sup>

Poznámka: Text příspěvku zpracován dle dodané PowerPointové prezentace.

## 1 Doprava a dopravní prostředky

Výrok z historie: „*Kůň tady byl, je a bude. Automobil je jenom přechodné módní třeštění.*“ - prezident Michiganské banky radící právníkovi Henryho Forda, ať neinvestuje do společnosti Ford Motor Company, 1903.

A výsledná skutečnost: V roce 1903 je představen Ford model T, první automatická montážní linka byla spuštěna ve Ford Motor Company 1913.



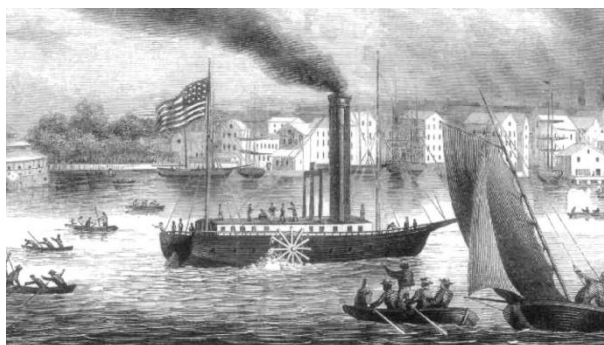
Výrok z historie: „*Jak byste mohl postavit loď plující proti větru a vlnám? Vytvářením ohně pod palubou? Prosím vás, neříkejte mi tady nesmysly.*“ - vojevůdce Napoleon Bonaparte během rozhovoru o parníku s Robertem Fultonem, 1800.

A výsledná skutečnost: První parník sestrojil Robert Fulton v roce 1803, první jízda proběhla v roce 1807.

---

<sup>8</sup> Ing. Kristýna Kutiová

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, FS, Katedra konstruování  
17. listopadu 2172/15, 708 00 Ostrava-Poruba  
e-mail: kristyna.kutiova@vsb.cz



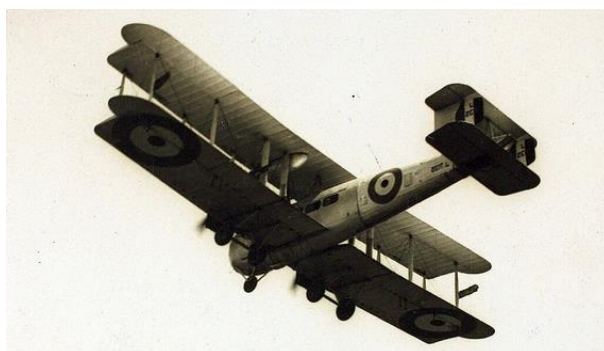
Výrok z historie: „*Létající stroje těžší než vzduch jsou čirým nesmyslem.*“ - fyzik Lord Kelvin, 1895.

A výsledná skutečnost: Wright Flyer, motorové letadlo postavené v roce 1903 vycházelo z kluzáku Wright Glider z roku 1899. Měl 4 válcový motor o výkonu 9 kW.



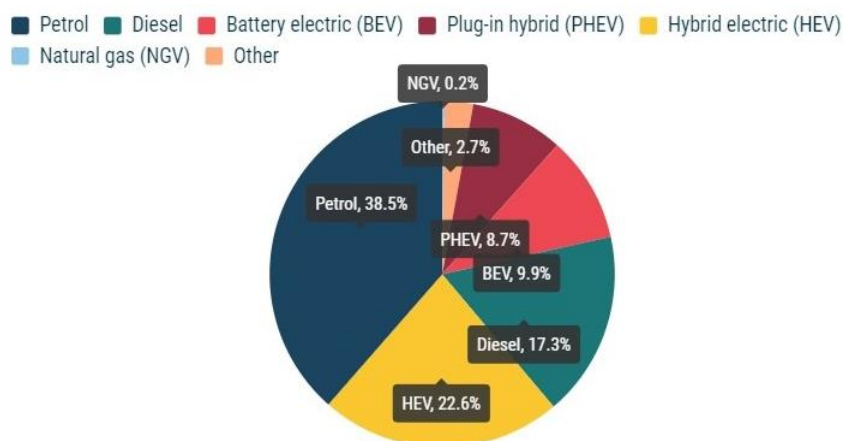
Výrok z historie: „*Letadla jsou sice zajímavé hračky, ale nemají žádné vojenské využití.*“ - francouzský maršál Ferdinand Foch, 1851.

A výsledná skutečnost: První vojenský dopravní letoun, Vernon, dodal Vickers Britskému letectvu RAF v roce 1921.



Výrok z historie: „*Do 25 let budou motorová vozidla zapomenuta.*“ - spisovatel Sir Philipp Gibbs, 1928.

A výsledná skutečnost: v roce 2021 měly čistě spalovací motory podíl na trhu 56%.



## 2 Informační technologie

Výrok z historie: „*Neustále dostávám otázky, kdy přijde Apple s mobilním telefonem. Má odpověď je, že nejspíš nikdy.*“ - David Pogue, novinář The New York Times, 2006.

A výsledná skutečnost: první iPhone byl na trh uveden v roce 2007.



Výrok z historie: „*Neexistuje šance, že by iPhone získal na trhu nějaký podstatnější podíl.*“ - Steve Ballmer, šéf Microsoftu, 2007.

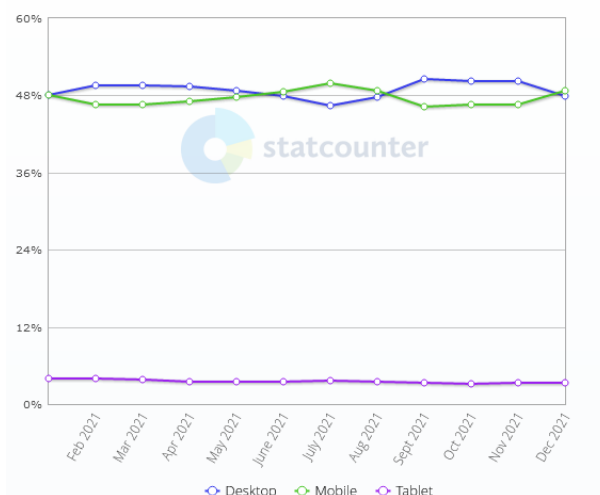
A výsledná skutečnost: roce 2015 byl jedničkou na čínském trhu, v roce 2022 patří iPhonu zhruba 30% trhu.

Výrok z historie: „*V Americe bude do pěti let tablet nejpopulárnější formou osobních počítačů.*“ - Bill Gates, spoluzakladatel Microsoftu, 2002.

A výsledná skutečnost: prodej tabletů na trhu Spojených států Amerických od roku 2015 nepřesáhl 12%.

Desktop vs Mobile vs Tablet  
Market Share United States Of  
America  
Jan - Dec 2021

Edit Chart Data



Výrok z historie: „Internet brzy vybuchne jako supernova a v roce 1996 se katastroficky zhroutí.“ - Robert Metcalfe, zakladatel 3 Com, 1995.

A výsledná skutečnost: raději bez komentáře ...

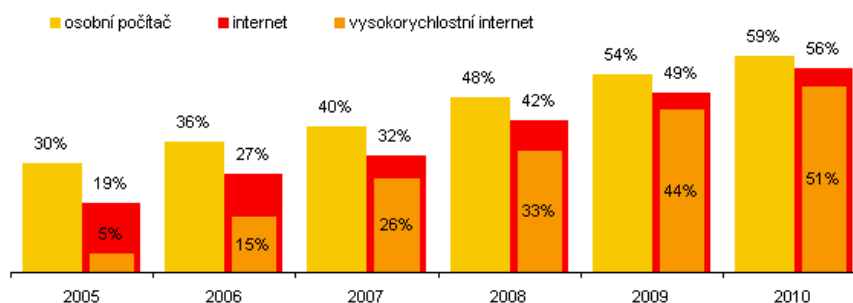
Výrok z historie: „Nemyslím si, že by na světovém trhu byla poptávka po více než pěti počítačích.“ - výkonný ředitel společnosti IBM Thomas J. Watson, 1943.

Výrok z historie: „Pro pokrytí celosvětových potřeb by mělo stačit asi deset počítačů.“ - výkonný ředitel společnosti IBM Thomas J. Watson, 1946.

Výrok z historie: „Není žádný důvod, proč by lidé měli mít svůj vlastní počítač doma.“ - inženýr ve společnosti DEC Ken Olsen, 1977.

A výsledná skutečnost: v roce 2010 mělo v ČR osobní počítač 59% populace.

**Graf 1: Domácnosti v ČR vybavené osobním počítačem, internetem a vysokorychlostním internetem, 2. čtvrtletí sledovaného roku**  
(% všech domácností)



Zdroj: Český statistický úřad, 2010

Výrok z historie: „Za dva roky odedneška bude vyřešen problém spamů.“ - Bill Gates, spoluzakladatel Microsoftu, 2004.



A výsledná skutečnost: také v roce 2022 se se spamy stále potýkáme.

### 3 Telefon, rozhlas, film, televize

Výrok z historie: „*Kdo by k čertu chtěl slyšet herce, jak ve filmech mluví?*“ - H.M. Warner, spoluzakladatel společnosti Warner Brothers, 1927.

A výsledná skutečnost: „Mami, poslechni si tohle...“, jsou první slova z filmu Jazz Singer z roku 1927. V roce 1928 už bylo v USA 500 zvukových kin, koncem roku 1929 už téměř 6000.

### 4 Věda a technika

Výrok z historie: „*Raketa nikdy nebude schopna opustit atmosféru.*“ - noviny, New York Times, 1936.

A výsledná skutečnost: rok 1957 - Lajka ve vesmíru, rok 1961 - J. Gagarin ve vesmíru.



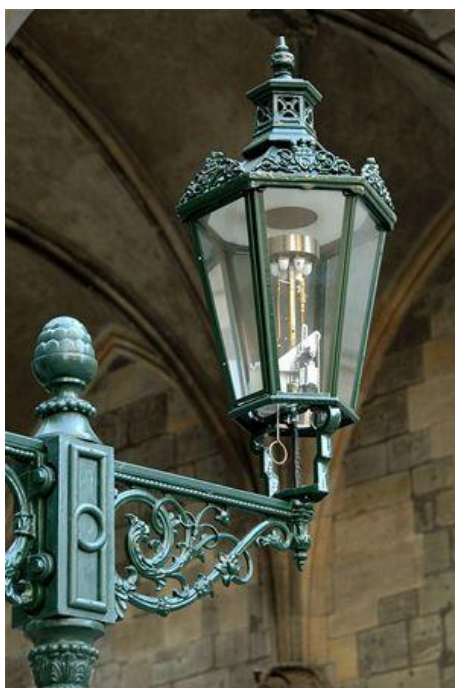
Výrok z historie: „*Šicí stroj je kuriozita leda pro zasmání.*“ - noviny, New York Times, 1851.

A výsledná skutečnost: v roce 1856 firmy v USA patentují šicí stroje, v roce 1877 patentován první šicí stroj s elektrickým pohonem.



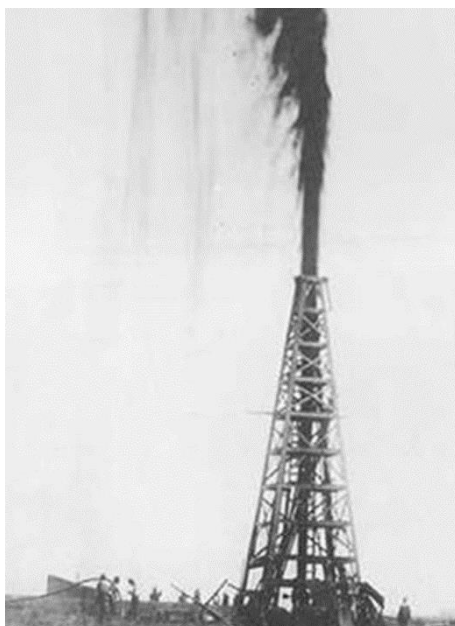
Výrok z historie: „*Návrh je třeba zamítnout především proto, že žádná lampa bez knotu nemůže samozřejmě hořet.*“ - z posudku projektu plynového osvětlení podaného Philipem Lebonem francouzské Akademii věd, 1797.

A výsledná skutečnost: plynové lampy osvětlovaly veřejná prostranství od začátku 19. století, v Praze ulice osvětleny svítiplynem od roku 1894.



Výrok z historie: „*Ropné vrty? To myslíte jako vrtat do země a tak najít ropu? Zbláznil jste se?*“ - odborníci na vrty, 1859.

A výsledná skutečnost: Američan Edwin L. Drake již 27.8.1859 poprvé extrahuje ropu vrtáním v hloubce 20 metrů v Titusville v Pensylvánii, když inspiraci hledal v solných vrtech.

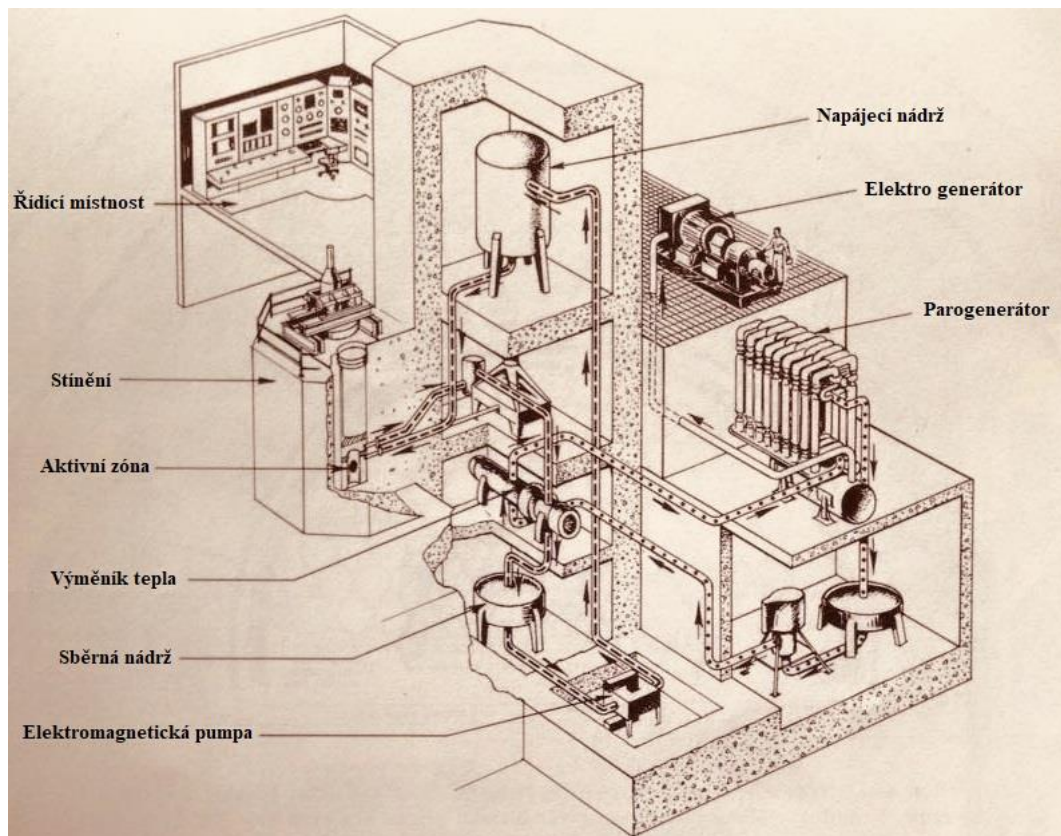


## 5 Elektřina, atom, záření

Výrok z historie: „Není vůbec pravděpodobné, že člověk někdy dokáže vykřesat z atomu nějakou energii. Zbrklá představa využití atomové energie jako náhrady za vyčerpávané zásoby uhlí je zcela nevědeckou utopií, dětinskou představou.“ - nositel Nobelovy ceny za fyziku Robert Millikan, 1928

Výrok z historie: „Energie produkovaná atomem je velmi slabá. Každý, kdo očekává nějaký významnější zdroj energie z transformace atomů, je snílek.“ - nositel Nobelovy ceny za fyziku Ernst Rutherford, 1933

A výsledná skutečnost: První jaderný reaktor k výrobě elektřiny byl použit v roce 1951 v USA v EBR1-1.



Výrok z historie: „*Elektrina nemůže být nikdy praktickou formou síly, protože ztráty vzniklé ve vedení jsou příliš velké. Bylo by snazší užívat provazových poháněcích pásů, které by šly od kladky ke kladce, takže by se táhly na míle po celém kraji.*“  
- Ing. Osborne Reynolds, 1888.

A výsledná skutečnost: v 1. polovině 20. století se masivně zavádí elektrina do domácností.

## 6 Závěr

A perlička závěrem.

Výrok z historie: „*V roce 1960 budou lidé pracovat jen 3 hodiny denně.*“ - spisovatel John Langdon-Davies, 1936.

A výsledná skutečnost: pro většinu z nás, v tomto případě k velké smůle, pouze další nesplněný výrok v řadě. Ale byla by to krása ...

## Literatura

- [1] KUTIOVÁ, Kristýna. Přešlapy vědy a techniky. In: *Prezentace doktorandů katedry 340/2020: sborník prezentací semináře doktorandů katedry* [online]. Horní Lomná, 2020 [cit. 2021-7-8]. ISBN 978-80-248-4429-9. Dostupné z: <https://www.fs.vsb.cz/export/sites/fs/340/.content/galerie-souboru/Prezentace-doktorandu-katedry-2020.pdf>
- [2] Každý se může mýlit, jen někdo ale slavně...: Nejznámější chybné technologické předpovědi a „neslavné“ výroky slavných. *Třípól: e-zin popularizující vědu*

- a techniku* [online]. 2012, 13.2.2012 [cit. 2020-08-09]. Dostupné z: <https://www.3pol.cz/cz/rubriky/bez-zarazeni/291-kazdy-se-muze-mylit-jen-nekdo-ale-slavne>
- [3] Ford Motor Company. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2022 [cit. 2022-07-29]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Ford\\_Motor\\_Company](https://cs.wikipedia.org/wiki/Ford_Motor_Company)
- [4] PIGULA, Topi. Výročí: 17. srpna 1807 začala první jízdou parníku Clermont romantika paroplavby. *Iprima.cz: Prima ZOOM* [online]. 2021 [cit. 2022-07-29]. Dostupné z: <https://zoom.iprima.cz/vyroci/parnik-clermont-prvni-plavba>
- [5] Wright Flyer. In: *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2021 [cit. 2022-07-29]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Wright\\_Flyer](https://cs.wikipedia.org/wiki/Wright_Flyer)
- [6] FOLPRECHT, Radek. První příběhy vojenských dopravních letadel nás zavedou i do Afghánistánu. *IDnes.cz: Magazíny* [online]. Praha: iDnes.cz, 2021, 2021 [cit. 2022-07-29]. Dostupné z: [https://www.idnes.cz/technet/vojenstvi/vickers-vernon-victoria-irak-afghanistan.A210819\\_195938\\_vojenstvi\\_erp/foto/ERP8d97c5\\_05a\\_Vickers\\_Vernon.jpg](https://www.idnes.cz/technet/vojenstvi/vickers-vernon-victoria-irak-afghanistan.A210819_195938_vojenstvi_erp/foto/ERP8d97c5_05a_Vickers_Vernon.jpg)
- [7] Druhy paliv nových vozidel ve 2. čtvrtletí roku 2022. *Moto Focus.cz* [online]. 2021, 25. července 2022 [cit. 2022-07-29]. Dostupné z: <https://motofocus.cz/statistiky-trhu-vozidel/74909,druhy-paliv-novych-vozidel-ve-2-ctvrtletiroku-2022>
- [8] GILBERT, Ben. It's been over 12 years since the iPhone debuted — look how primitive the first one seems today. *Business Insider* [online]. New York City, 2019, 22. července 2019 [cit. 2022-07-29]. Dostupné z: <https://www.businessinsider.com/first-phone-anniversary-2016-12>
- [9] Desktop vs Mobile vs Tablet Market Share United States Of America. *StatCounter: GlobalStats* [online]. 2022, 2022 [cit. 2022-07-29]. Dostupné z: <https://gs.statcounter.com/platform-market-share/desktop-mobile-tablet/united-states-of-america/2015>
- [10] Kolik domácností v ČR má počítač a internet?. *Český statistický úřad* [online]. 15.6.2022 [cit. 2022-07-29]. Dostupné z: [https://www.czso.cz/csu/czso/kolik\\_domacnosti\\_v\\_cr\\_ma\\_pocitac\\_a\\_internet](https://www.czso.cz/csu/czso/kolik_domacnosti_v_cr_ma_pocitac_a_internet)
- [11] HERTL, David. Když film poprvé promluvil. *Týdeník Rozhlas* [online]. 2014 [cit. 2022-07-29]. Dostupné z: [http://www.radioservis-as.cz/archiv14/31\\_14/31\\_nalad.htm](http://www.radioservis-as.cz/archiv14/31_14/31_nalad.htm)
- [12] KRÁLOVÁ, Magda. První kosmické lety. *Techmania Eduportál: Science Center* [online]. Plzeň, 2007 [cit. 2022-07-29]. Dostupné z: <http://edu.techmania.cz/cs/encyklopedie/fyzika/gravitace/kosmonautika/prvni-kosmicke-lety>
- [13] Šicí stroje a historie: Šicí stroje a jejich dějiny. *Ráj šití* [online]. OK business, 2017, 01.08.2008 [cit. 2022-07-29]. Dostupné z: <https://www.raj-siti.cz/sici-stroje-a-historie>
- [14] ŽÁKOVEC, Jan. Návrat plynových lamp: Osmiramenný kandelábr opět zazáří. *Vesmír* [online]. VESMÍR, 1994, 16. 3. 2006 [cit. 2022-07-29]. Dostupné z: <https://vesmir.cz/cz/casopis/archiv-casopisu/2006/cislo-3/navrat-plynovych-lamp.html>

- [15] PIGULA, Topi. Před 121 lety odstartovala Amerika ropný boom. *Iprima.cz: Prima ZOOM* [online]. Praha: FTV Prima spol. s r.o., 10. ledna 2022 [cit. 2022-07-29]. Dostupné z: <https://zoom.iprima.cz/vyroci/ropny-boom>
- [16] POČÁTKY ELEKTRIFIKACE. ČEZ [online]. [cit. 2022-07-29]. Dostupné z: [https://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/encyklopedie-energetiky/05/pocatky\\_3.html](https://www.cez.cz/edee/content/file/static/encyklopedie/encyklopedie-energetiky/05/pocatky_3.html)
- [17] EBR-I ve fotografiích. *ATOM INFO.cz: Aktuálně o jádru* [online]. Atominfo.Cz, 2016, 25 prosince, 2018 [cit. 2022-07-29]. Dostupné z: <https://atominfo.cz/2018/12/ebr-i-ve-fotografiich/>
- [18] Meme: "SO BEAUTIFUL SO, SO, BEAUTIFUL." *MEME Arsenal: Memes creating here* [online]. [cit. 2022-07-29]. Dostupné z: <https://www.meme-arsenal.com/en/create/meme/1872593>



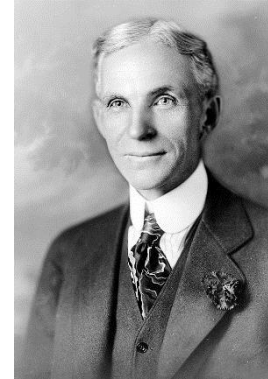
# VIZIONÁŘ Z DETROITU

Jiří MACHAČ, VŠB-TU Ostrava <sup>9</sup>

Poznámka: Text příspěvku zpracován dle dodané PowerPointové prezentace.

## 1 Henry Ford

- 30. 7. 1863,
- 1878 - Wayne County,
- 1882 - učňovské zkoušky v Detroitu,
- 1891 - Edison Illuminating Company of Detroit,
- 11. 4. 1888 - sňatek s Clara Jane Bryant († 29. 9. 1950),
- 11. 1893 - Šéfkonstruktér,
- 6. 11. 1893 - Edsel Bryant Ford.



## 2 Významné etapy

### Éra automobilů

- 1893 - malý jednoválcový benzínový motor,
- 1896 – Quadricycle,
- 8. 1899 DETROIT AUTOMOBILE COMPANY,
- 10. 10. 1901 - GROSSE POINTE (SWEEPSTAKES),
- 10. 11. 1903 - Henry Ford Company (následně Cadillac Motor Car Company),
- 12. 1. 1904 - Světový rekord na jednu míli na ledu 39,4 s.

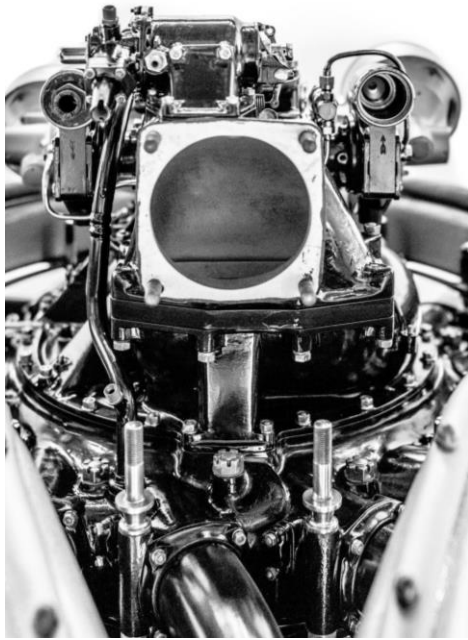
### Ford Motor Company

- založeno 16. 6. 1903,
- 13 investorů s kapitálem \$28 000,
- první prodaný vůz 1903,
- podíl Henryho Forda 25,5%,
- 1906 - většinový vlastník,
- 1919 - skupuje všechny akcie spolu s Edselem a Clarou (\$105 820 894),
- Edsel se stává prezidentem společnosti,
- 1943 - Henry Ford opět prezidentem.

---

<sup>9</sup> Ing. Jiří Machač

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, FS, Katedra konstruování  
17. listopadu 2172/15, 708 00 Ostrava-Poruba  
tel.: +420 597 324 583, e-mail: jiri.machac@vsb.cz



### 3 Významné automobily

#### A. Model T

- 1908,
- volant na levé strane,
- čtyřválec v jednom bloku,
- cena pouhých \$825,
- spolu s produkcí přichází s konceptem pásové výroby,
- cena klesla až na \$360,
- 1918 polovina aut v USA,
- vyrobeno 18 007 034 vozů (19 let).

#### B. Model A

- 1927 - 1931,
- 1932 Ford V8 s plochou hlavou (v užívání následně 20let).



## **4 Pohled zaměstnavatele**

### **A. Pětidolarová mzda**

- sociální kapitalismus,
- 1914 nabídl \$5 za den (dvojnásobek pro všechny zaměstnance),
- snížení fluktuace zaměstnanců,
- podíl na zisku,
- sociální oddělení.

### **B. Pětidenní pracovní týden**

- 1922 - osmihodinová pracovní mzda (48h/týden),
- 1926 - pětidenní pracovní doba (40h/týden).

### **C. Odbory**

- odpor k odborům,
- postava Harry Benetta,
- Ford Hunger March,
- UAW,
- bitva o Overpass.

## **5 Doba světových válek**

### **A. Ford Airplane Company**

- vznik za 1. světové války,
- Ford 4AT Trimotor - Tin Goose,
- Ford airplane uzavřena kvůli velké krizi.

### **B. Období první světové války**

- odpůrce války,
- mírová loď,
- obvinění „německo-židovských bankéřů“.

### **C. Období druhé světové války**

- odpůrce zapojení USA do konfliktu,
- antisemita,
- odpůrce Roosevelta,
- obchoduje s nacistickým Německem,
- staví letadla pro Britskou vládu.

### **D. Willow Run**

- stavba započata 1940 (výzva Velkého arzenálu Demokracie),
- kompletně nová linka,

- 1942 - první letadlo (B-24),
- rozloha 330 000 m<sup>2</sup>,
- vrchol výroby 1944 - 650 kusů B-24 za měsíc,
- 1945 - každých 8 hodin jedno letadlo.



## 6 Osobnost

- konspirační teoretik,
- antisemita,
- The Dearborn Independent (192 - 1927),
- vydávání antimetistických textů,
- zmíněn v Mein Kampf,
- vyznamenán nacisty.

## 7 Zajímavosti ze života

- napsal několik knih,
- zapálený pro materiállové inženýrství,
- životní přítel s Thomasem Edisonem,
- držitel 161 patentů.

# NÁVRH A VÝSTAVBA TECHNOLOGICKÉ LINKY ŘÍPEC

Tomáš MACHÁLEK, VŠB-TU Ostrava <sup>10</sup>

## Úvod

Tato práce popisuje některé kroky při návrhu nové technologické linky na úpravu štěrkopísku v jižních Čechách. V práci budu popisovat z jakého důvodu se štěrkopískovna otvírá, jaká je geologie ložiska a co jsou hlavní kritéria, aby investice měla zajímavou dobu návratnosti.

V další části práce je navrženo schéma technologické linky a popsány kroky, které předchází samotné výstavbě. Po výstavbě popisují technologickou linku rozčleněnou do jednotlivých uzlů, kde je čtenář seznámen s úpravou štěrkopísku od vstupu do linky až po finální produkt. V závěru lze porovnat plochy před a po výstavbě. Dále musím v úvodu zmínit, že se zde nezabývám povoleními, které jsou nezbytné před výstavbou zajistit.

## 1 Představení záměru otvírky nové provozovny

Záměrem je otvírka ložiska štěrkopísku a výstavba štěrkopískovny Řípec v jižních Čechách, která slouží jako náhrada za dotěžovanou pískovnu Planá nad Lužnicí. Těžitelné zásoby na ložisku Řípec jsou odhadovány dle průzkumu na 14 let.



Obr.1 Umístění pískovny Řípec (náhrada za pískovnu Planá)

<sup>10</sup> Ing. Tomáš Machálek

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, FS, Katedra konstruování

17. listopadu 2172/15, 708 00 Ostrava-Poruba

mobil: +420 702 070 207, e-mail: tomas.machalek.st@vsb.cz

### 1.1 Základní údaje o ložisku

- název ložiska: Řípec (výhradní ložisko)
- surovina: štěrkopísky řeky Lužnice
- pozemky vlastněné: 55,7 ha
- plocha ložiska: 48,56 ha
- plocha zázemí: 3,0 ha
- $\varnothing$  mocnost suroviny: 4,2 m
- typ těžby: suchá těžba a těžba z vody
- objem těžitelných zásob: 2 800 kt
- kvalita suroviny: obsah písku až 80%  
obsah odplavitelných částic 3,5%
- otlukovost: do 44%
- nasákavost: do 1,5%
- mrazuvzdornost: 0,2%
- alkalická reakce: minimální
- vhodnost kameniva: v laboratoři společnosti BETOTECH byly provedeny zkoušky betonů vyrobených z kameniva Řípec a porovnány vlastnosti těchto betonů s referenční záměsí – vyrobené betony jsou prakticky totožné a kamenivo z ložiska Řípec je vhodné k výrobě betonů

### 1.2 Základní geologie ložiska

Surovinu na ložisku Řípec tvoří terasové sedimenty - štěrkopísky a písky - řeky Lužnice. Ložisko bylo prozkoumáno ve 2 etapách, a to geologickým průzkumem v roce 1974 a v roce 1984. Celkem bylo ložisko ověřeno 79 vrtů.

Surovinu na ložisku představují dva terasové systémy řeky Lužnice:

- **údolní terasa** s obsahem odplavitelných částic je 0,6 ÷ 2,0%, terasa je hrubozrnnější s podílem štěrku až 40%, mocnost dosahuje 4 ÷ 5 m, prakticky veškerá surovina je pod vodou,
- **spodní terasa** s vyšším obsahem odplavitelných částic (průměrně 6%, ale někdy dosahuje i nad 15%), místy se v této terase vyskytují polohy škodliviny - písčitého jílu, terasa je jemnozrnnější s podílem štěrku do 20%, mocnost dosahuje 2 ÷ 3 m, ložisko je částečně pod vodou - cca spodní 2 m.

Mimo to se v ložiskovém území nachází duna vátých písků o mocnosti cca 3 m. Mocnost suroviny je v průměru 4,2 m, z vrtů lze vyčíst i minimální a maximální mocnost ložiska, které jsou 2,2 m v okraji těžebního bloku (vrt DR50) a 6,6 m v místě vrtu DR14. Skrývkové vrstvy ložiska jsou tvořeny humózní vrstvou o mocnosti 0,3 m (půda, lesní půda).



Tab.1 Zastoupení jednotlivých frakcí v ložisku

frakce	údolní terasa	spodní terasa	surovina celkem
< 0,063 mm	1,6 %	5,1 %	3,4 %
0/4 mm	76,7 %	80,4 %	78,5 %
4/8 mm	7,2 %	4,1 %	5,6 %
8/16 mm	5,5 %	3,1 %	4,3 %
16/32 mm	7,0 %	4,9 %	6,0 %
> 32 mm	2,0 %	2,4 %	2,2 %

**Geologické řezy ložiska** jsou připojeny v příloze A

**Mineralogické složení suroviny:**

- křemen: > 80 %
- živec: 10 %
- úlomky hornin: 1 – 6 %
- slída: do 1,8%

### 1.3 Základní údaje o trhu

Předpokládaný roční objem prodeje je odvozen z prodejů dotěžované pískovny Planá nad Lužnicí, která měla v posledních 5 letech průměrný roční odbyt 173 kt/rok s tím, že prodej měl vzestupnou tendenci. Tu společnost predikuje také v dalších letech, a proto se dlouhodobý prodej na štěrkopískovně Řípec předpokládá v úrovni 200 kt/rok:

- předpokládaný objem prodeje: 200 kt/rok
- předpokládaná životnost: 14 let

Tab.2 Síťový rozbor suroviny s porovnáním požadavků trhu

frakce	surovina celkem	požadavek trhu
< 0,063 mm	3,4 %	
0/4 mm	78,5 %	79 %
4/8 mm	5,6 %	3 %
8/16 mm	4,3 %	5 %
16/32 mm	6,0 %	6 %
> 32 mm	2,2 %	

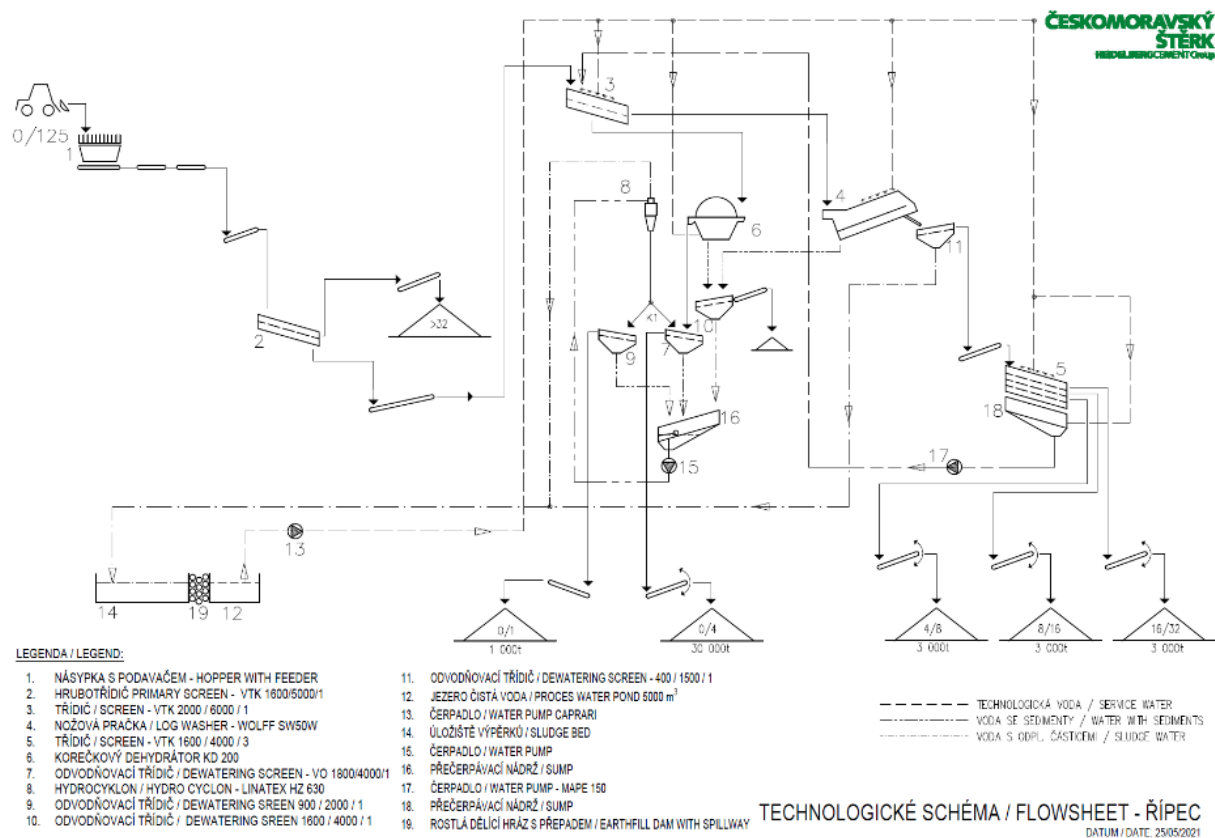
## 2 Úpravárenská linka

Při návrhu a dimenzování technologické linky je vycházeno z poptávky trhu. Obchodním oddělením je zpracována predikce odbytu frakcí kameniva, pro které se v budoucnu pokusí nalézt koncového zákazníka. Zároveň musí být zohledněna kvalita dodávaného materiálu. Například materiál, který je distribuován na betonárnu musí být v lepší kvalitě (lépe vypráno a roztříděno) a mít garantovanou vnitřní křivku zrnitosti oproti dodávkám materiálu, který slouží na zásypovou činnost při pokládce potrubí. Všechny tyto a další aspekty se musí vyhodnotit při návrhu schématu technologické linky. Každý požadavek na vyšší kvalitu výrobku zesložitňuje technologický proces

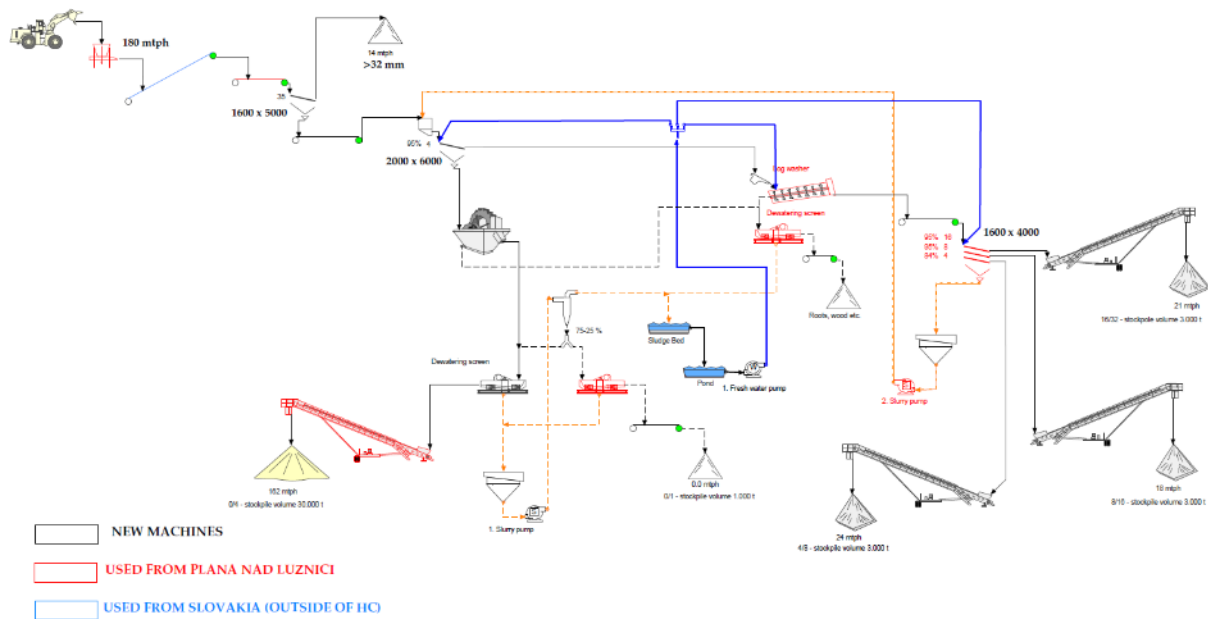
úpravy kameniva. Primárně dojde k nárůstu investičních nákladů a sekundárně to ovlivní fixní a variabilní náklady provozovny. Aby investice i nadále dávala smysl, jsou všechny tyto vstupy promítnuty do výsledné ceny výrobku, protože ten musí být na trhu konkurence schopný.

Frakční rozbor suroviny ložiska a porovnání požadavků trhu byl proveden v kapitole 1.3. Po komparaci těchto vstupních aspektů se určí vyráběné frakce 0/4, 4/8, 8/16 a 16/32. Při úpravě suroviny budou jako vedlejší produkty vznikat - sediment < 0,063 mm, frakce 0/1 a nadsítná frakce > 32.

Po jasném vymezení vstupu a výstupu z technologické linky se udělá na základě odborných zkušeností návrh technologického schématu provozovny (obr.2). Tento layout obsahuje předběžné informace: velikost třídíčů, počet pásových dopravníků, typy strojů, kapacita skládek a základní údaje o vodním hospodářství. Dále je vhodné podrobit technologické schéma přepočtu v softwaru AggFlow, který slouží pro výpočet toků materiálu.

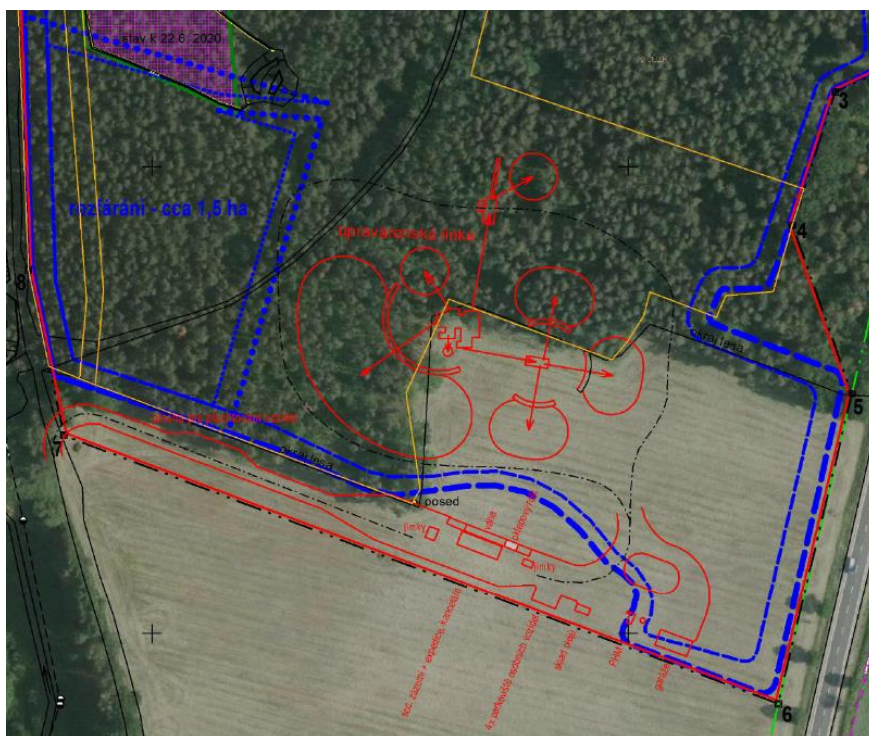


Obr.2 Návrh technologického schématu provozovny



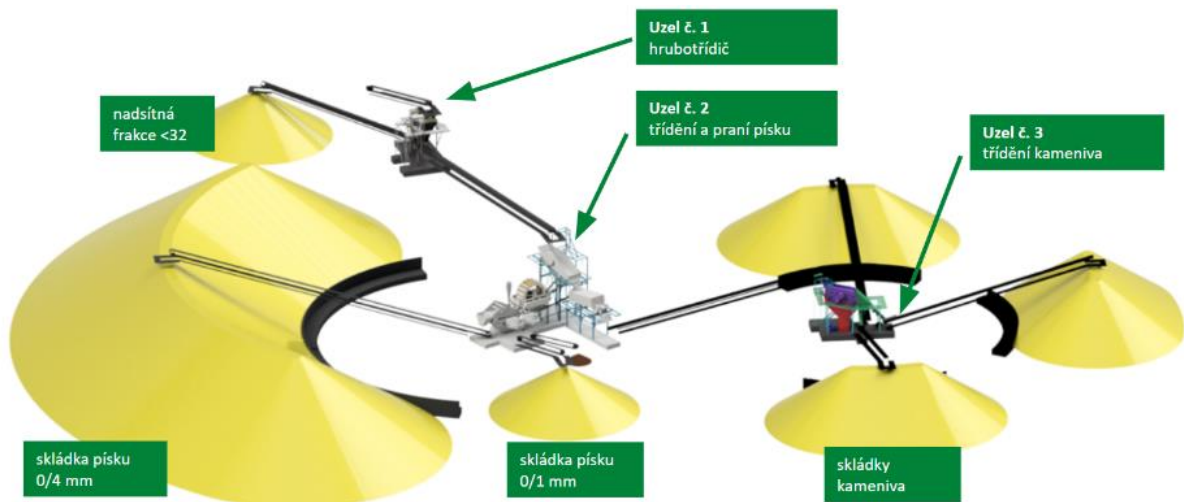
Obr.3 Výpočet v softwaru AggFlow

V průběhu výběrového řízení na stroje se nechá zpracovat studie. Vstupní podklad pro studii je dispoziční náčrt v důlní mapě, který bude reflektuje představy projektového týmu a stroje na úpravu suroviny.



Obr.4 Umístění technologické linky v ortofoto mapě

Studie pracuje s vybranými stroji a prošetřuje za jakých podmínek je technologická linka realizovatelná. Výstup tvoří 3D model a položkový rozpočet, který ověří nebo vyvrátí předpoklady na finanční náročnost celé investice.



Obr.5 3D model technologické linky bez vstupní násypky

## 2.1 Vstupní násypka

Základní nosné prvky byly použity z mobilní násypky, která byla instalována v Plané nad Lužnicí. Mobilita zařízení byla zachována, aby mohla násypka postupovat s těžbou a tím se snížily náklady na navážku suroviny.



Obr.6 Vstupní násypka



Násypka je dimenzována na  $180 \text{ t}\cdot\text{h}^{-1}$  a aktivní objem činí  $13 \text{ m}^3$ . Podávané množství hlídá pásová váha, která řídí frekvenční měnič na pohonu násypky. Zařízení je vybaveno vstupním roštem, který chrání technologickou linku před vstupem nadroz-  
měrných předmětů. Zde se jedná zejména o jílové proplástky a kořeny. Hydraulický agregát zajišťuje vyklápění roštu a tím dochází k jeho čištění. Dále je na bocích násypky instalován příložený vibrátor.

## 2.2 Dálková pásová doprava

Přivádí materiál z těžby od vstupní násypky do technologické linky. Pásový dopravník je o šířce 650 mm. To to zařízení je koupeno jako použité a před uvedením do provozu byla provedena generální oprava. Dálková pásová doprava je složena ze dvou sekcí o délce 250 m a 150 m.



Obr.7 Dálková pásová doprava

## 2.3 Technologický uzel č.1

Je vstupní místo v technologické lince, kde je na hrubotřídiči rozdělen materiál na hranici třídění 32 mm. Nadsítnou frakcí jsou jílové proplástky, které se dostaly do technologické linky. Tento rekultivační materiál je vrácen zpět do vytěženého prostoru. Podsítná frakce 0/32 je poslána na další uzel.

Odtřídění frakce  $> 32 \text{ mm}$  je prováděno za sucha na drátěných sítích z důvodu zajištění co největší účinnosti třídící plochy. Nevýhodou je nízká životnost sítí.



Obr.8 Uzel č.1

#### 2.4 Technologický uzel č.2

Vstupní materiál je přiváděn pomocí pásového dopravníku z uzlu č.1 a jedná se o frakci 0/32. Před vstupem na první třídíči je materiál intenzivně rozplaven v rozplavovacím skluzu. Díky silnému zvodnění materiálu a intenzivnímu sprchování dojde na první třetině třídíče k rychlému oddělení zrn na hranici 4 mm, které jsou dále unášeny do korečkového dehydrátoru. Ten materiál částečně odvodní a posune ho na odvodňovací třídíči.

Odvodňovací třídíči sníží vlhkost materiálu za pomoci síťové plochy se štěrbinovými otvory, podsítná frakce kameniva 0/1 s vodou je čerpána do hydrocyklonu. Kde odstředivé zařízení dokáže odseparovat frakci < 0,063 mm, která odchází samospádem do sedimentačního jezera. Frakce 0/1 je vedena do dělicího boxu, kde je možné si nastavit přimíchávání do frakce 0/4, nebo skládkovat frakci 0/1. To záleží na podílu jemných částic ve frakci 0/4.

Stěžejní prodejní frakce 0/4 je haldovacím otočným dopravníkem dopravena na skládku o kapacitě 30 000 tun. Technická zajímavost je, že při návrhu maximálního objemu skládky byl využit frekvenční měnič, který dokáže zrychlit a zpomalit dopravníkový pás. Díky tomu dojde ke změně křivky vrhaného materiálu.

Nadsítná frakce kameniva 4/32 je na prvním třídíči intenzivně sprchovaná. Poté pokračuje do nožové pračky. Nožová pračka díky rotujícím hřídelím s lopatkami dokáže rozbít jílové koule a očistit kamenivo od nežádoucích podílů. Vyprané kamenivo je lopatkami vyneseno na odvodňovací třídíči, který zajišťuje odvodnění kameniva pro další transport.





Obr.9 Uzel č.2

### 2.5 Technologický uzel č.3

Vstupní materiál je odvodněné kamenivo z uzlu č.2, které je dopraveno na tříplošný sprchovaný třídíč, kde dojde k rozdělení na finální výrobky 4/8, 8/16 a 16/32. Frakce jsou dopraveny na skládky o maximální kapacitě 3 000 tun pomocí haldovacích otočných dopravníků.

Voda, kterou je materiál na třídíči sprchován je zachycena v nádrži pod třídíčem odkud je čerpána do rozplavovacího skluzu v uzlu č.2.

### 2.6 Vodní hospodářství

K dispozici jsou dvě vodní plochy, které vznikly vytěžením suroviny. Větší je jezero na čistou technologickou vodu a menší je sedimentační jezero. Jezera jsou vzájemně propojena. Na jezeře s čistou vodou je nainstalováno čerpadlo s maximálním výkonem  $300 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ . Pro úpravu suroviny dle výpočtů stačí  $250 \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$ , avšak při návrhu je ponechána rezerva, jelikož ložisko je proměnné.



Obr.10 Uzel č.3 - uzel třídění kameniva



Obr.11 Čerpací stanice



## 2.7 Řízení technologické linky

Celou technologickou linku je možné řídit přes počítač a je plně automatizována. Stroje je možno ovládat přes PC v režimu automat nebo přepnout do deblokačního režimu, kdy se aktivuje lokální ovládání. Srdcem tohoto systému je průmyslový počítač Siemens SIMATIC S7-1500.



Obr.12 Průmyslový počítač Siemens SIMATIC S7-1500

Technologická linka byla investičně plánována a odhadnuta na rozpočet 43 430 000 Kč bez DPH. Tato částka se v řádů procent podařila dodržet.

Celkový investiční rozpočet pro výstavbu příjezdové cesty, sociálního zázemí a technologické linky, který byl výše popsán se pohybuje v rozmezí 70 ÷ 80 mil. Kč bez DPH. Zároveň je potřeba při prvotním plánování vhodně nastavit finanční rezervu. Ta by měla být u greenfield investičních projektů cca 10% z celkové ceny díla.

## 3 Závěr

Práce popisuje důvod otvírky nového ložiska v oblasti jižních Čech. Pro zajištění nové provozovny je potřeba najít odpovídající ložisko. V první kapitola je věnována rozboru suroviny, těžitelného objemu a vhodnosti zpracování.

V druhé části je v práci rozebrán postup přípravy návrhu technologické linky. První úkol je vždy porovnání ložiska s požadavky trhu, který se v okolí nachází. Na základě těchto údajů bylo navrženo technologické schéma a jeho funkčnost ověřena pomocí výpočtového programu AggFlow. V další části této kapitoly se věnuji schématu technologické linky a některým krokům, které musí být pro zdárnou investici zajištěny. V poslední části je technologická linka rozčleněna na jednotlivé uzly, které materiál zušlechťují. Na závěr je shrnutí nákladů na výstavbu technologické linky.

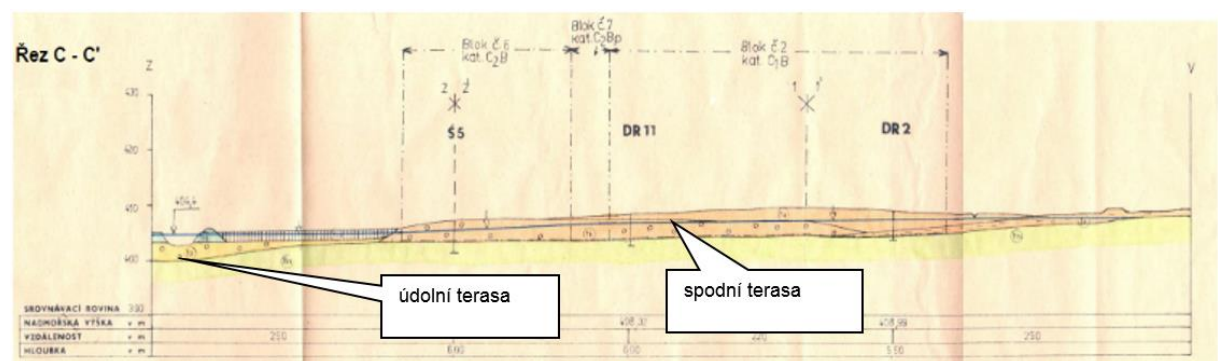
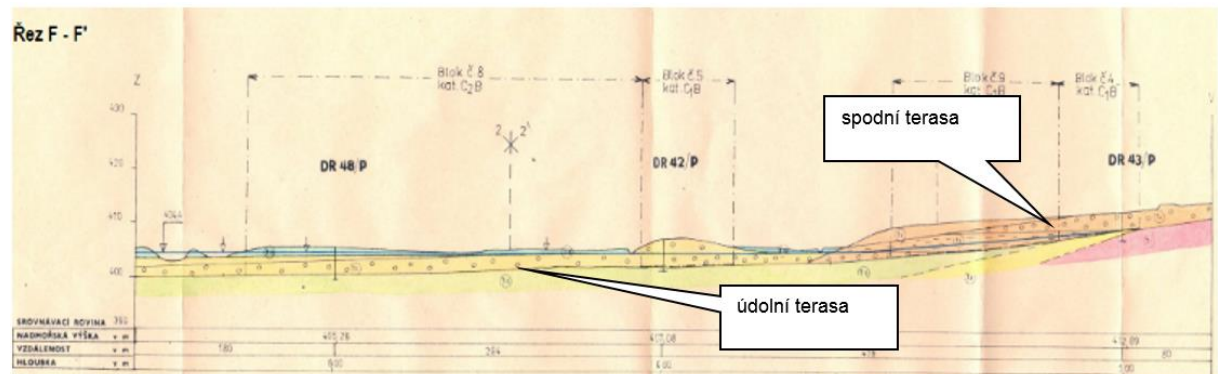
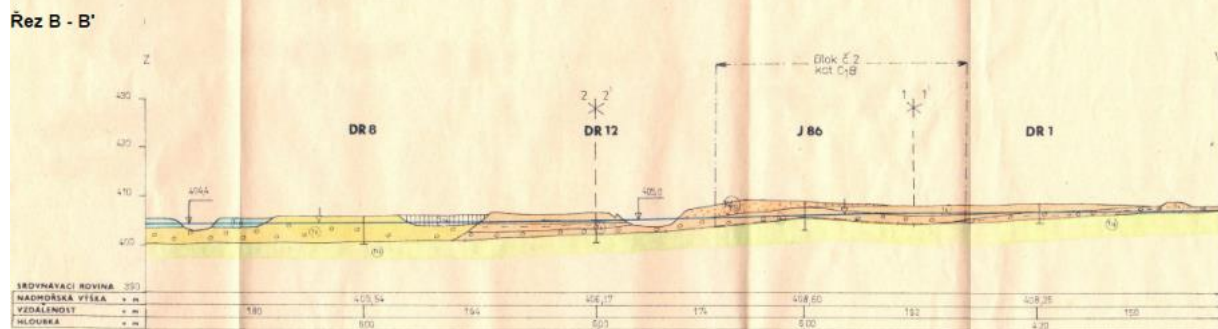
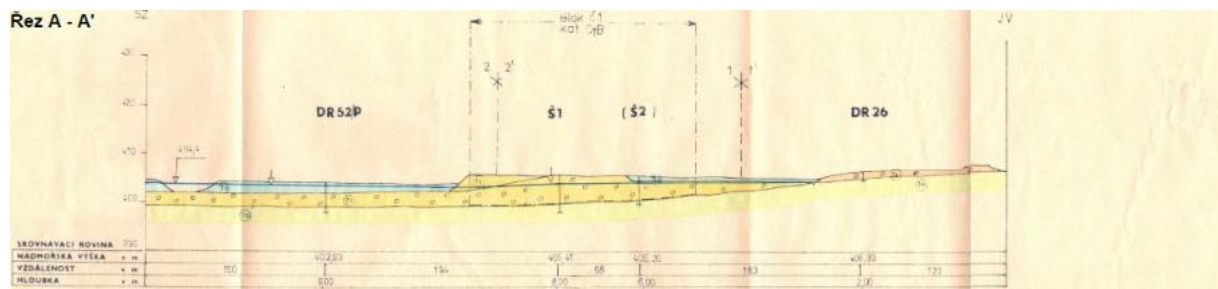


Obr.13 Situace před výstavbou září 2020



Obr.14 Situace po výstavbě červen 2021

# Příloha A - Geologické řezy ložiskem



# VÝSKUM NOVÝCH KOMPOZITOV Z RECYKLOVANÝCH MATERIÁLOV AUTOMOBILOVÉHO PRIEMYSLU

Vladimír MANCEL, Technická Univerzita vo Zvolene <sup>11</sup>

Ján MELICHERČÍK, Technická Univerzita vo Zvolene <sup>12</sup>

Tomáš KUVIK, Technická Univerzita vo Zvolene <sup>13</sup>

## Anotácia

Práca je zameraná na výskum drevných kompozitov zložených z odpadovej drevnej triesky a recyklovaného drveného granulátu. Ako spojivo sa použije močovinoformaldehydové lepidlo a parafínová emulzia. Drvený granulát je získaný recyklovaním gumených a plastových starých automobilov. Obsah drvených granulátov pri výrobe drevných kompozitov bude 10%, 15% a 20% z celkovej hmotnosti. Cieľom práce je znížiť spaľovanie gumených a plastových, a tým znížiť dopad na životné prostredie, zužitkovať starý recyklovaný materiál, vytvoriť a zanalyzovať drevné kompozity. Vytvorené kompozity budú podrobené mechanickým a fyzikálnym skúškam podľa platných technických noriem STN EN. Následne sa bude analyzovať dopad vytvorených drevných kompozitov na životné prostredie. Po výskume bude možné uplatniť vyrobené drevné kompozity v praxi ako súčasť nábytku, podláh, izolácií alebo protihlukových zábran.

## 1 Úvod

Kompozity sú združené systémy, ktoré boli vytvorené spojením viacerých (minimálne dvoch) jednoduchých materiálov, ktoré plnia jednotlivé, v jednom materiáli nezlučiteľné požiadavky [1]. V prípade vrstvených drevných kompozitných materiálov ide o zlúčenie výhodných vlastností preglejok a aglomerovaných materiálov do jedného výrobku, čo ponúka rad nových predností [2].

V širšom ponímaní možno plasty charakterizovať ako nekovové materiály, ktoré môžu tvarovaním nadobúdať rôznu formu. Jedná sa o prírodné alebo syntetické živice alebo ich zmesi, ktoré možno tvarovať, rozťahovať, liať alebo používať ako povlaky či povrchové vrstvy. Medzi základné typy plastov patrí polyetyléntereftalát (PET), polyetylén vysokej hustoty (HDPE), polyvinylchlorid (PVC), polyetylén nízkej hustoty (LDPE), polypropylén (PP), polyetylén (PE), polystyrén (PS), polyuretán (PUR), polyamid (PA) a akronitrilbutadiénstyrén (ABS) [3]. Guma je pružný materiál, ktorý sa získava vulkanizáciou kaučuku. Vulkanizácia je chemický dej, ktorým sa stáva materiál pružný. Medzi základné typy gúm patrí etylén-propylén-dién kaučuk (EPDM), nitril-butadién kaučuk (NBR), styrén-butadién kaučuk (SBR), isoprén kaučuk (IR) a prírodný kaučuk (NR) [4].

---

<sup>11</sup> Ing. Vladimír Mancel

Technická Univerzita vo Zvolene, Fakulta techniky, Katedra environmentálnej a lesníckej techniky  
Študentská 26, 960 01 Zvolen, Slovenská republika  
tel.: +421 45 520 6878, e-mail: mancelvladimir@gmail.com

<sup>12</sup> Ing. Ján Melicherčík, PhD.

tel.: +421 45 520 6553, e-mail: janmelichercik88@gmail.com

<sup>13</sup> Ing. Tomáš Kuvik, PhD.

tel.: +421 45 520 6550, e-mail: t.kuvik14@gmail.com



Ročne sa celosvetovo vyrobí približne 90 miliónov automobilov. Priemerná hmotnosť automobilu je približne 1,2 tony, čo predstavuje 108 miliónov ton rafinovaného spracovaného materiálu. Typy použitých materiálov v automobile sú: železné kovy, plasty, pneumatiky, neželezné kovy, sklo, pena, autobatérie, textil a izolačné materiály. V súčasnosti v automobilovom priemysle narastá trend nahrádzať kovy plastovými komponentmi, čo vedie k znižovaniu hmotnosti automobilov a tým aj k znižovaniu spotreby paliva. Celosvetový problém ťažko odstrániteľného odpadu súvisí s neustále sa zvyšujúcim počtom automobilov a tým aj s rastom opotrebovaných pneumatík. Rovnako ako v prípade plastového odpadu, aj odpadová guma a opotrebované pneumatiky sú stále globálnym problémom [5]. Jedným zo spôsobov, ako zhodnotiť gumený a plastový odpad, je použiť ho ako súčasť kompozitov.

Drevné kompozity sú kľúčovým materiálom pre množstvo štruktúrnych a neštruktúrnych aplikácií pre interiérové a exteriérové účely, ako je nábytok, konštrukcia, podlahy, okná alebo dvere [6].

## 2. Materiál a metódy

### 2.1 Použitý materiál

Vo výskume budú použité odpadové drevné častice vyrobené z čerstvej smrekovej guľatiny, spracované vo firme Kronospan s.r.o. (Zvolen, SR). Rozmery častíc bežne používaných pre jadrovú vrstvu a vybraných na výrobu jednovrstvových drevotrieskových dosiek budú od 0,25 do 4,0 mm. Častice sa vysušia na obsah vlhkosti 5%.

Ako gumená prísada budú použité granuláty vyrobené z odpadových pneumatík a odpadovej gumenej zmesi z kobercov a tesnení. Granuláty frakcie 1-4 mm budú vyrobené vo firme AVE SK Odpadové hospodárstvo s.r.o. (Kechnec, SR). Odpadové pneumatiky sú zložené primárne z SBR materiálu a zmes odpadových kobercov a tesnení z EPDM materiálu. Ako plastová prísada budú použité granuláty vyrobené z odpadových lakovaných nárazníkov, odpadových nelakovaných nárazníkov a odpadových palivových nádrží. Granuláty frakcie 1-4 mm budú vyrobené v dielňach Technickej Univerzity vo Zvolene (Zvolen, SR). Odpadové nárazníky sú zložené primárne z PP materiálu a odpadové palivové nádrže z PE materiálu.

Na lisovanie jednovrstvových drevotrieskových dosiek s prídavkom drvenej gummy alebo drveného plastu bude použité komerčne dostupné UF lepidlo Kronores CB 1100 F z firmy Diakol Strážske s.r.o. (Strážske, SR). Lepidlo má obsah pevných látok 67,1%, viskozitu 460 mPa.s, čas kondenzácie 55 sekúnd a hodnotu pH 8,6. Do lepiacej zmesi je pridaný dusičnan amónny  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  (47%) ako tvrdidlo. Lepidlová zmes bude aplikovaná na častice v množstvách 7,36%. Parafín, použitý ako 35% hmotnostná vodná emulzia bude aplikovaná na častice v množstvách 0,64%.

### 2.2 Výroba drevných kompozitov

Jednovrstvové drevotrieskové dosky s prídavkom drvenej gummy alebo drveného plastu budú mať rozmery 360 mm x 280 mm x 15 mm a budú pripravené v laboratóriách Technickej univerzity vo Zvolene. Drevotrieskové dosky budú pripravené bežnou technológiou, t.j. najprv predlisovanie časticových rohoží za studena na 1 MPa, následne lisovanie za tepla v tlaku laboratórnym lisom CBJ 100–11, TOS (Rakovník, bývalá ČSSR).

V prvom kroku sa navážia vypočítané množstvá drvenej triesky, drveného granulátu, lepidla a parafínovej emulzie na laboratórných a digitálnych váhach [7]. Drevná

trieska sa s granulátom vloží do nanášacieho bubna, ktorý sa zatvorí a pomocou elektromotora roztočí. Zmes lepidla a parafínovej emulzie sa naleje do lievika, z ktorého vedie malá hadica napojená na trysku. Tryska sa nachádza vo vnútri bubna a slúži na jemné rozstrekovanie pomocou prívodu stlačeného vzduchu. Po rozstrekovaní sa zmes nechá poriadne premiešať. Celý proces trvá približne 10 minút. Po zastavení bubna sa otvorí bočný poklop a zmes sa vyberie.



a

b

Obr.1 a - nanášací bubon, b - forma na predlisovanie (autor)



a

b

Obr.2 a - hydraulický lis, b - vyrobené drevné kompozity (autor)

V druhom kroku sa zo zmesi naváži 971 gramov pre jeden drevný kompozit. Vzorka sa nasype do formy na predlisovanie a vloží do hydraulického predlisovačky na približne 2 minúty z dôvodu zocelenia tvaru. Po predlisovaní sa forma vloží do laboratórneho lisu, ktorý pri lisovacích tlakoch ( $30 \div 7,5$  MPa) v rôznych časových intervaloch

vytvorí hotový drevený kompozit. Celkový čas lisovania je približne 6 minút pri teplote 240°C.

### 2.3 Mechanické skúšky

Z mechanických skúšok sa stanoví pevnosť v ťahu a pevnosť v ohybe. Pevnosť v ťahu bude stanovená podľa normy STN EN 319 [8]. Merania sa uskutočnia na šiestich vzorkách na jednu dosku. Princípom je ťahanie vzorky s následným zaznamenaním ťahového napätia pri roztrhnutí. Na meranie sa použije laboratórne zariadenie TIRA test 2200 (Thüringer Industriewerk Rauenstein, Nemecko). Pevnosť v ohybe bude stanovená podľa normy STN EN 310 [9]. Merania sa uskutočnia na ôsmich vzorkách na jednu dosku. Princípom je zaťaženie v strede vzorky s následným zaznamenaním ohybového napätia pri zlomení. Na meranie sa použije laboratórne zariadenie TIRA test 2200 (Thüringer Industriewerk Rauenstein, Nemecko).



Obr. 3 Laboratórne zariadenie TIRA test (autor)

### 2.4 Fyzikálne skúšky

Z fyzikálnych skúšok sa stanoví nasiakavosť a napúčanie po 2 a 24 hodinách. Nasiakavosť a napúčanie bude stanovené podľa normy STN EN 317 [10]. Merania sa uskutočnia na šiestich vzorkách na jednu dosku. Princípom je ponorenie vzoriek do vody s následným zaznamenaním hrúbky a hmotnosti po 2 a 24 hodinách.

## 7 Záver

Drevotrieskové dosky sa bežne používajú ako vnútorné obkladové materiály v obytných alebo komerčných budovách, ako súčasť nábytku, podláh alebo stiech. V súčasnosti je veľkým problémom odpad z automobilov. Cieľom práce je využitie odpadovej drevnej triesky v kombinácii s odpadovým gumeným alebo plastovým materiálom z automobilového priemyslu. Využitie odpadu je dôležité pre šetrenie životného prostredia, zužitkovanie starého materiálu a zníženie nákladov pri výrobe nových kompozitov. Na základe analýzy nových drevných kompozitov sa budú porovnávať jednotlivé mechanické a fyzikálne vlastnosti s komerčnou drevotrieskovou doskou. Mechanické a fyzikálne vlastnosti drevotrieskových kompozitov skúmal Buyuksari a kol. [11] a Chaharmahali a kol. [12]. Podobnou problematikou výroby drevných kompozitov sa zaoberá práca, kde boli využité odpadové pneumatiky pri výrobe orientovaných trieskových dosiek [13] a drevotrieskových dosiek [14, 15]. Taktiež boli skúmané vlastnosti drevotrieskových dosiek podľa chemickej štruktúry dreva a lepidla [16]. Veigel a kol. [17] sa zaoberal výrobou orientovaných trieskových dosiek s nanocelulózovým lepidlom. Je predpoklad, že novovytvorené drevné kompozity budú mať výhodnejšie mechanické a fyzikálne vlastnosti ako komerčná drevotriesková doska.

### **Pod'akovanie:**

Článok je výsledkom riešenia projektu IPA (Interná projektová agentúra) č. 2/2022 – *Využitie recyklovanej gumy a plastu z automobilového priemyslu do drevných kompozitov.*

## Literatura

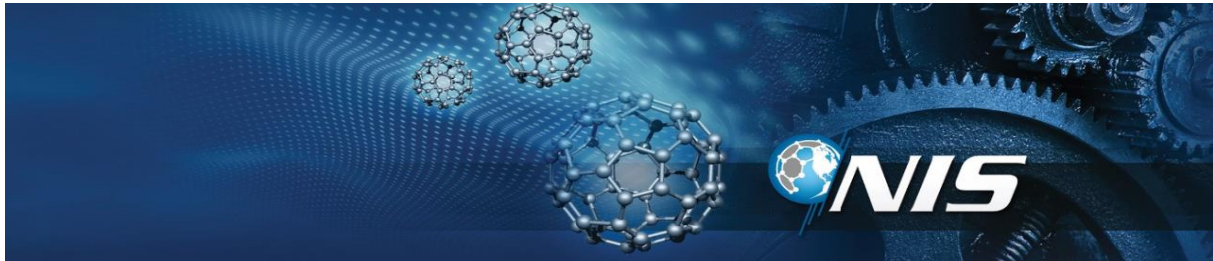
- [1] Skočovský, P., Bokůvka, O., Konečná, R., Tillová, E. *Náuka o materiály pre od-bory strojnícke*. Žilina 2006, 349 s. ISBN 80-8070-593-3
- [2] Mahút, J., Réh, R., Víglaský, J. *Kompozitné drevné materiály – časť I., Dyhy a preglejované výrobky*. Zvolen 2006. 292 s. ISBN 80-228-1682-5
- [3] Rajput, R. K. *A Textbook of Manufacturing Technology: Manufacturing Processes*. India 2007. 899 s. ISBN 978-81-318-0244-1
- [4] Vargová, M. *Recyklácia a zhodnocovanie gumy, kaučuku a plastov do nových výrobkov*. Bratislava 2012. 234 s. ISBN 978-80-227-5039-4
- [5] Čabalová, I., Ház, A., Krilek, J., Bubeníková, T., Melicherčík, J., Kuvik, T. Recycling of wastes plastics and tires from automotive industry. In *Polymers*, 2021, vol. 13, no. 13
- [6] Krišták, L., Réh, R. Application of Wood Composites. In *Applied Sciences*, 2021, vol. 11, no. 8, pp. 3479-3482
- [7] Štefka, V. *Kompozitné drevné materiály – časť II., Technológia aglomerovaných materiálov – Návod na cvičenia*. Zvolen 1998. 170 s. ISBN 80-228-0681-1
- [8] STN EN 319:1993. *Trieskové a vláknité dosky. Zisťovanie pevnosti v ťahu kolmo na rovinu dosky*
- [9] STN EN 310:1993. *Dosky na báze dreva. Zisťovanie modulu pružnosti v ohybe a pevnosti v ohybe*

- [10] STN EN 317:1993. *Drevotrieskové a drevovláknité dosky. Zisťovanie hrúbkového napúčania po ponorení do vody*
- [11] Buyuksari, U., Ayrilmis, N., Avci, E., Koc, E. Evaluation of the physical, mechanical properties and formaldehyde emission of particleboard manufactured from waste stone pine (*Pinus pinea* L.) cones. In *Bioresource Technology*, 2010, vol. 101, pp. 255-259
- [12] Chacharmahali, M., Tajvidi, M., Najafi, S. K. Mechanical Properties of Wood Plastic Composite Panels Made From Waste Fiberboard and Particleboard. In *Polymer Composites*, 2008, vol. 29, no. 6, pp. 606-610
- [13] Ayrilmis, N., Buyuksari, U., Avci, E. Utilization of waste tire rubber in manufacture of oriented strandboard. In *Waste Management*, 2009, vol. 29, pp. 2553-2557
- [14] Ayrilmis, N., Buyuksari, U., Avci, E. Utilization of Waste Tire Rubber in the Manufacturing of Particleboard. In *Materials and Manufacturing Processes*, 2009, vol. 24, no. 6, pp. 688-692
- [15] Pirayesh, H., Moradpour, P., Sepahvand, S. Particleboard from wood particles and sycamore leaves: Physo-mechanical properties. In *Engineering in Agriculture, Environment and Food*, 2014, vol. 8, no. 1, pp. 38-43
- [16] Sari, B., Ayrilmis, N., Nemli, G., Baharoğlu, M., Gümüşkaya, E., Bardak, S. Effects of chemical composition of wood and resin type on properties of particleboard. In *Properties of Particleboard*, 2012, vol. 1, no. 3, pp. 174-184
- [17] Veigel, S., Rathke, J., Weigl, M., Gindl-Altmutter, W. Particle Board and Oriented Strand Board Prepared with Nanocellulose-Reinforced Adhesive. In *Journal of Nanomaterials*, 2012, vol. 2012, pp. 1-8

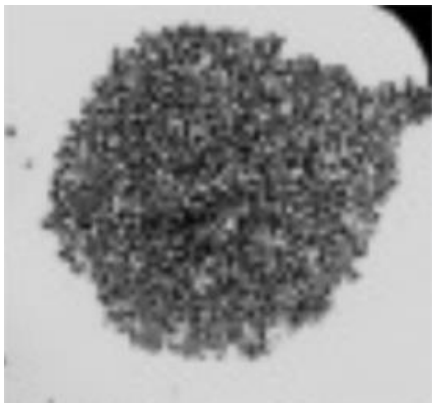
# NANOČÁSTICE V OBLASTI MAZÁNÍ STROJŮ

Eliška NOVÁKOVÁ, VŠB-TU Ostrava <sup>14</sup>

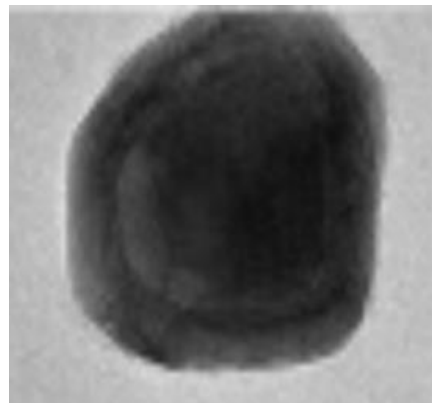
Poznámka: Text příspěvku zpracován dle dodané PowerPointové prezentace.



- **Nanotech Industrial Solutions - Amerika**
- mazivo na bázi vody a nanočástic
- neobsahuje olej
- nanočástice - disulfid wolframu ( $WS_2$ )



Obrázek z elektronového mikroskopu



Jedna nanočástice částice IF- $WS_2$

## 1 Vlastnosti

- bezpečnost,
- ekologičnost,
- vysoká účinnost za extrémních podmínek,
- významně snižuje náklady na likvidaci maziva.

---

<sup>14</sup> Ing. Eliška Nováková

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, FS, Katedra konstruování  
17. listopadu 2172/15, 708 00 Ostrava-Poruba  
tel.: +420 597 324 452, e-mail: eliska.novakova.st1@vsb.cz



Využití:

- silniční, železniční, lodní doprava - přísady do motorových, převodových a ložiskových olejů,
- průmysl - hutnictví a hornictví - přísady pro řezné a převodové oleje, aditiva,
- těžba, energetika, atd. - přísady do strojů a zařízení schopné výrazně zvýšit výkon zařazení při extrémním tlaku, zátěži a teplotě.

Žádný olej  
Aditiva na  
bázi vody

Výjimečný  
chladicí  
účinek

Bezkonkurenční  
EP vysokotlakové  
vlastnosti

Čtyřkuličkový EP Test (ASTM 2783)

6%  
Syntetic  
+ H<sub>2</sub>O  
Kapalina A 126  
kgf  
TEST PROVEDEN

6%  
Polo-synt  
+ H<sub>2</sub>O  
Kapalina B 126  
kgf  
TEST PROVEDEN

6%  
Polo-synt  
+ H<sub>2</sub>O  
Kapalina C 160  
kgf  
TEST PROVEDEN

2%  
IF-WS<sub>2</sub>  
+ H<sub>2</sub>O

800  
kgf  
TEST PROVEDEN

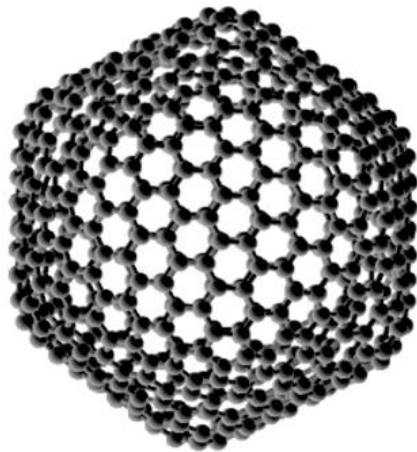
Lze použít pro  
VRTÁNÍ | FRÉZOVÁNÍ | CHLAZENÍ | ZÁVITOVÁNÍ | SOUSTRUŽENÍ  
TVÁŘENÍ ZA STUDENA a mnoho dalších operací.

## 2 Nanomateriály z blízka

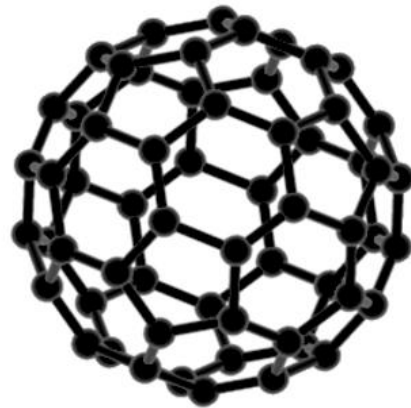
Profesor Reshef Tenne - 1992

Fullereny:

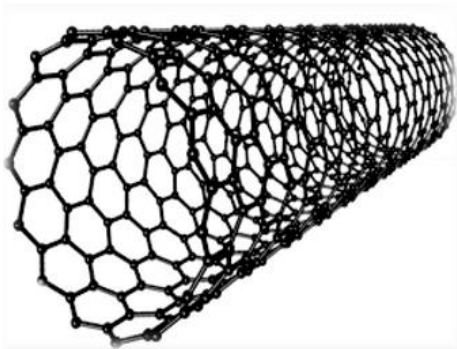
- nanomateriály na bázi uhlíku,
- nejkulatější molekuly,
- vrstvy z pěti- a šestiúhelníků s atomy ve vrcholech,
- lze vytvořit také formu podobnou elipse či trubici,
- antibakteriální a antioxidantní účinky,
- elektrické a magnetické vlastnosti.



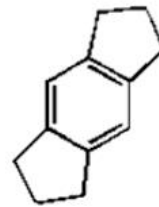
Fulleren C540



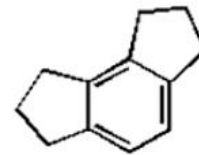
Fulleren C70



Fulleren ve formě trubice



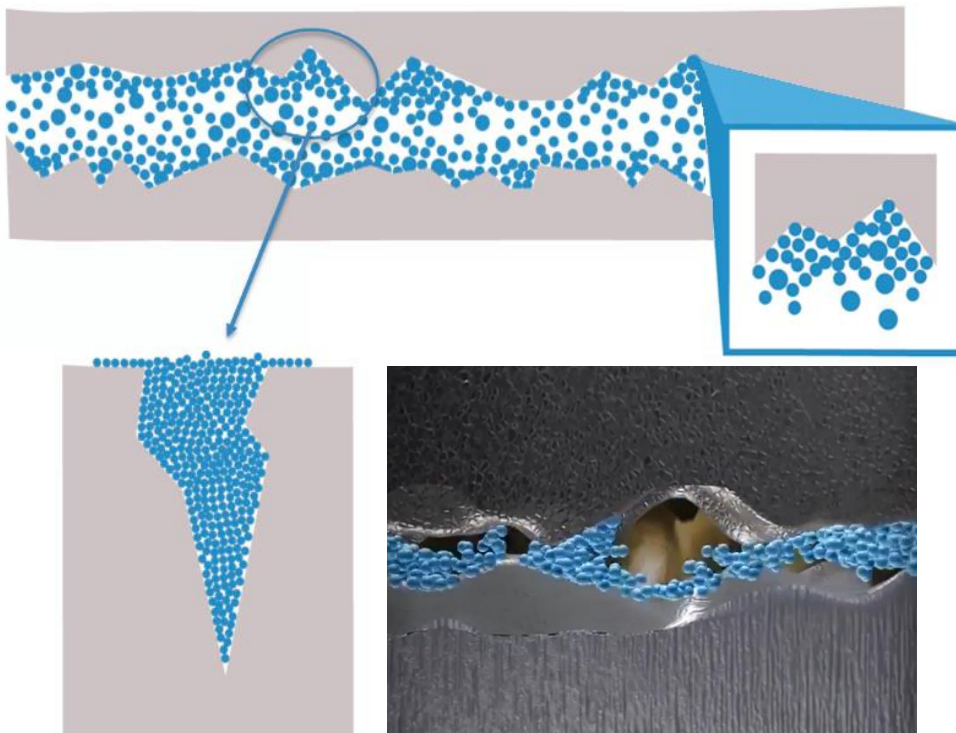
"para"



"meta"

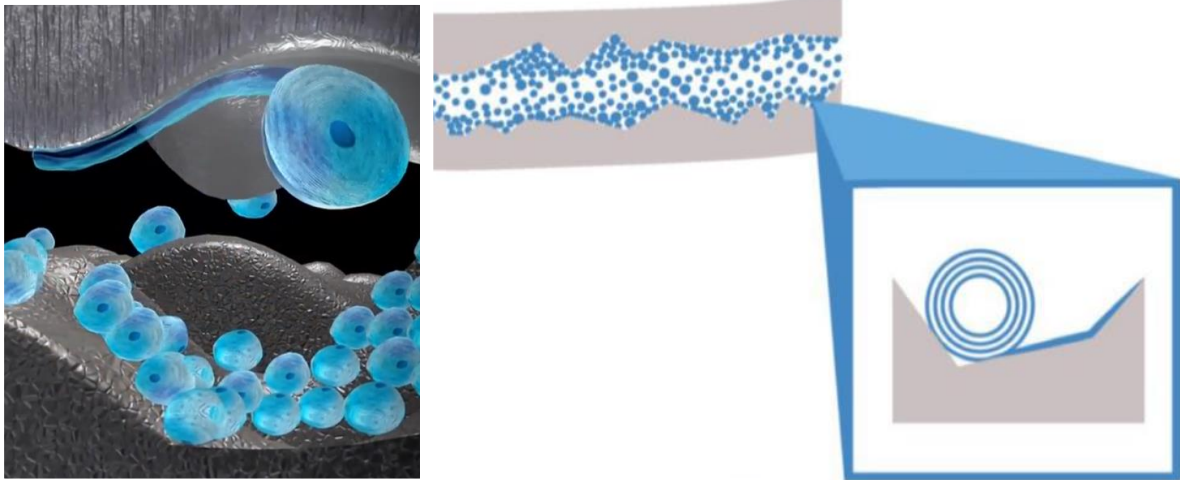
Dovolená konfigurace

### 3 Válivý odpor



- nanočástice 10 ÷ 120 nm,
- vyplňují nepravidelnosti povrchu,
- zabraňuje šíření prasklin,
- omezuje nárůst teploty.

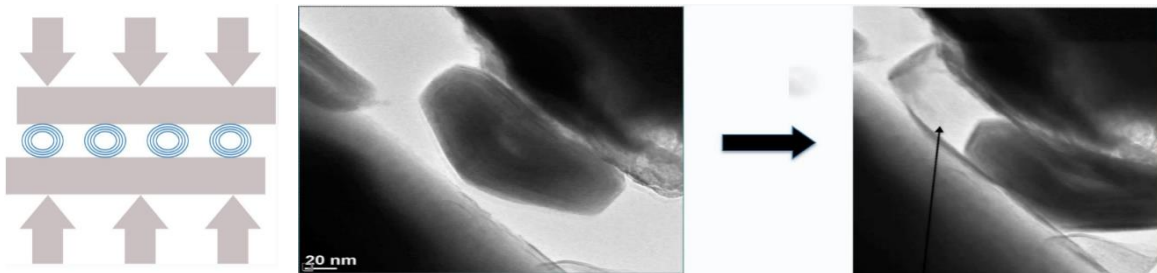
#### 4 Cibulový efekt



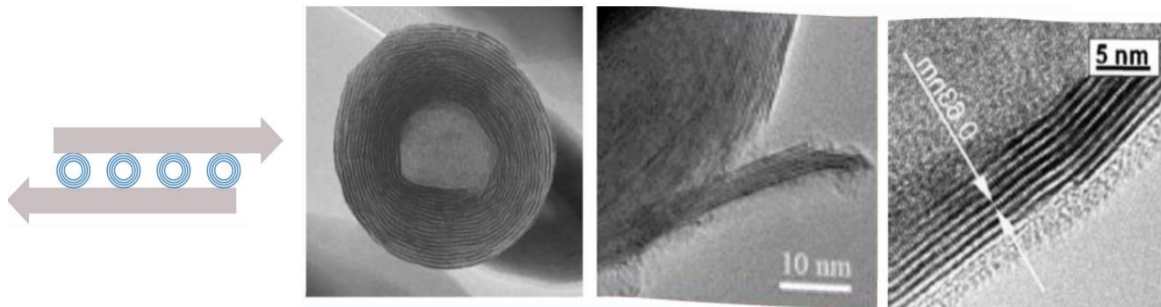
- při zatížení dochází k odlupování vnější vrstvy,
- vrstva přilne ke kovové ploše a vytvoří tribofilm,
- zvýšení kvality kontaktu.

#### 5 Extrémní statické i dynamické zatížení

- tlak

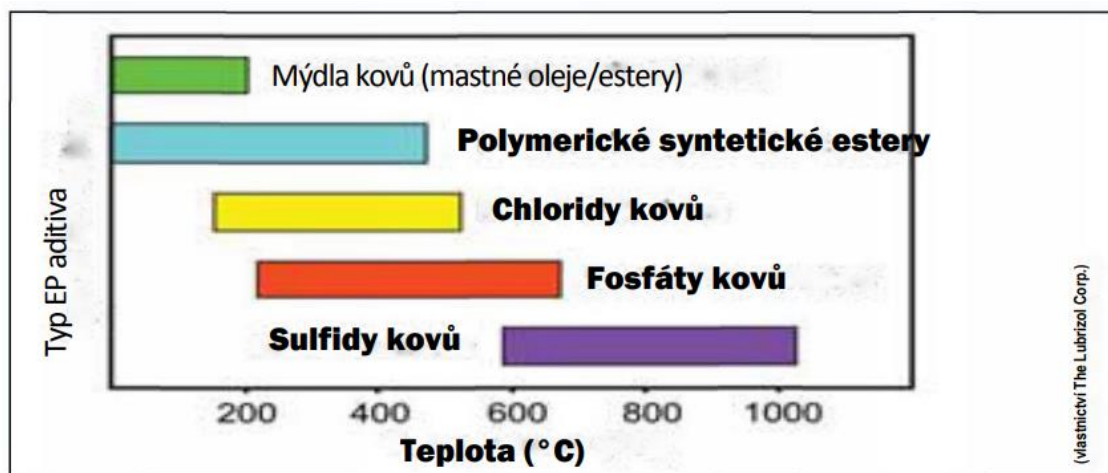


- smyk



## 6 IF - WS<sub>2</sub> jako aditivum

- nepotřebuje ke své aktivaci žádnou teplotu, pracuje za všech teplot,
- funguje v synergii s aditivu na bázi fosforu, síry i esterů.



## 7 Výrobky na bázi nanočástic

- WH4001SIS-1585 ((hotové mazivo čistě na bázi vody speciálně pro použití v metalurgii),
- WH4001 (AW/AF/EP aditivum pro kapaliny na bázi vody a polosyntetické bázi),
- WH4001SIS-5050 (AW/AF/EP aditivum pro kapaliny na bázi vody a polosyntetické bázi).

Vlastnosti	Typické	Zkušební metody
Zápach	žádný	-
Obsah chloru, boru	žádný	-
Aktivní síra a fosfor	žádný	-
Barva	šedá	-
Hustota	1,53 g/cm <sup>3</sup>	ASTM D 1475
Kinematická viskozita (1 % ve vodě) při 40 °C (cSt)	0,703	ASTM D 446
Koroze mědi (při 75 °C)	1a-2b	ASTM D 130
Rozpustnost ve vodě	Rozpustné	-





## Literatura

- [1] <https://www.sci-line.cz/index.php/technologie/394-nejmazanejsi-nanocastice-sveta.html>
- [2] <https://www.sci-line.cz/index.php/technologie/361-vysledky-vedeckeoho-vyzkumu-je-treba-efektivne-vyuzivat-ne-vzdy-se-to-ale-podari.html>
- [3] <https://www.sci-line.cz/index.php/technologie/361-vysledky-vedeckeoho-vyzkumu-je-treba-efektivne-vyuzivat-ne-vzdy-se-to-ale-podari.html>
- [4] <https://docplayer.cz/157522452-Multifunkcni-mazivo-aw-af-ep-na-bazi-nanocastic-if-ws2.html>
- [5] <https://nanogroupslovakia.sk/wp-content/uploads/2019/05/%C3%9Avod-do-nanotech.11stran3.pdf>
- [6] [https://www.sci-line.cz/extra/images/nanosvet/unikatni\\_vlastnosti/Fullereny.pdf](https://www.sci-line.cz/extra/images/nanosvet/unikatni_vlastnosti/Fullereny.pdf)
- [7] [https://www.wikiskripta.eu/w/Nanotechnologie\\_v\\_medic%C3%ADn%C4%9B//Fullereny](https://www.wikiskripta.eu/w/Nanotechnologie_v_medic%C3%ADn%C4%9B//Fullereny)
- [8] [https://www.youtube.com/watch?v=bzvMYfwM9qs&t=2s&ab\\_channel=NANO-TECH-EUROPE](https://www.youtube.com/watch?v=bzvMYfwM9qs&t=2s&ab_channel=NANO-TECH-EUROPE)



# VÝVOJ TLUMIČE PRO VYSOKOTEPLTNÍ APLIKACE

Lukáš PACAS, BONATRANS GROUP a.s., Bohumín <sup>15</sup>

## **Anotace:**

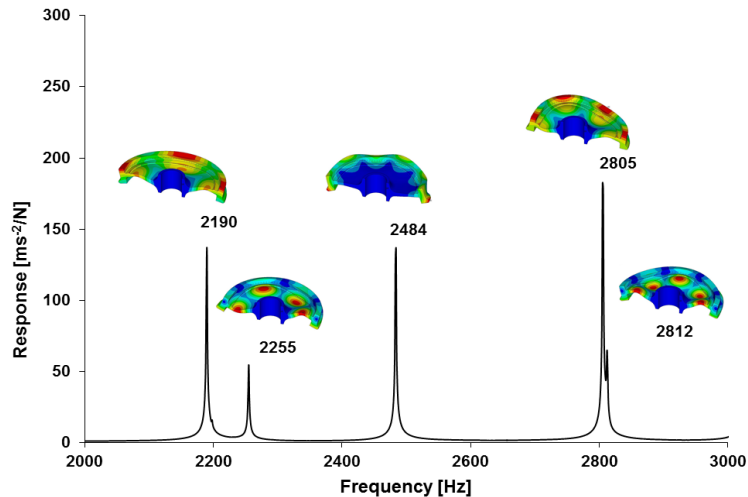
Problematika železničního hluku a tím i železničních kol je stále aktuální problém. Potřeba snižovat hluk je dána jak normativními limity, tak požadavky zákazníků. Z těchto důvodů byl navržen a testován tlumič pro vysokoteplotní aplikace. Tím se rozumí aplikace pro kola brzděná primárně špalíky. Článek tedy ukazuje proces vývoje tlumiče s využitím mnoha inženýrských přístupů. Kolo s tlumičem bylo analyzováno numericky, laboratorně i provozně. Navržené koncepce tlumičů bylo nutné ověřit z pohledu termického zatížení aplikovaného na jízdní plochu kola při zastávkovém a spádovém brždění. S využitím softwaru Ansys byla provedena konečno prvková transienční tepelná analýza. Na základě transienční teplotní analýzy pro zastávkové a spádové brždění kola byly prototypy tlumičů dále optimalizovány, tak aby nedošlo k teplotnímu poškození tlumicího materiálu a k ztrátě přenosu vibrací z kola do tlumiče z důvodu uvolnění šroubových spojů kola s tlumiči. Následně byla provedena laboratorní modální analýza kol s tlumiči a byly provedeny výpočetní simulace redukce valivého hluku aplikací tlumičů v SW STARDAMP. Finální verze tlumičů budou testovány na brzděném standu, aby byla ověřena funkční spolehlivost kola s tlumičem jako celku. Prototyp tlumiče byl taktéž podroben provozním testům na hluk na zkušební okruhu ve Velimi.

## **1 Hluk železničních kol**

Drsnost kol a kolejnic způsobuje při odvalování kola náhodné kinematické buzení, které má ve finále za následek vyzařování hluku tratí, kolem a částečně vozidlem. V případě průjezdu vozidla relativně ostrými oblouky pak dochází ke vzniku kvílivého hluku emitovaným především kolem. Cílem snížení hluku kol je snížení vibrací povrchu kola, tedy zvýšení tlumení při rezonancích.

---

<sup>15</sup> Ing. Lukáš Pacas  
BONATRANS GROUP a.s.  
Revoluční 1234, 735 94 Bohumín  
tel.: +420 597 082 643, mobil: +420 736 445 177, e-mail: lukas.pacas@ghh-bonatrans.com



Obr.1 Příklady rezonančních frekvencí celistvého kola

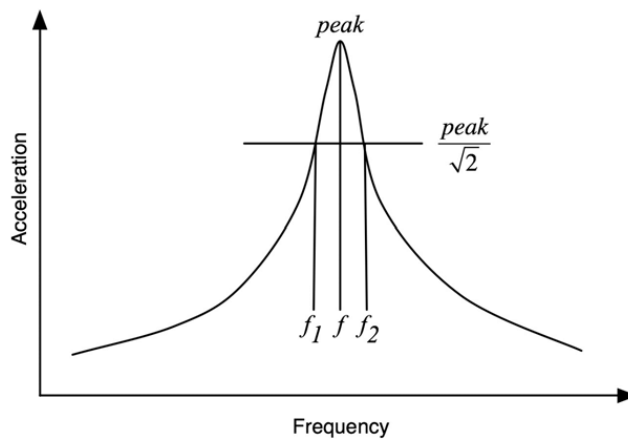
Vibrace kola jsou definovány vlastními frekvencemi, tvary (módy) a tlumením na daných frekvencích. Příklady vlastních tvarů jsou uvedeny na obrázku 4. Tvary módů s 0 a 1 uzlovým průměrem (uzlové čáry) mají větší tlumení v důsledku jejich spojení s nápravou, a jsou tedy buzeny méně (jsou méně důležité). Tvary módů s 1 uzlovým průměrem  $1L_n$  a radiální tvary módů  $R_n$  s počtem uzlových průměrů  $n \geq 2$  jsou nejdůležitějšími módy pro valivý hluk, zejména pak tvary s  $n = 2, 3$  a  $4$ . Axiální tvary módů  $0L_n$  s  $n \geq 2$  jsou buzeny valením v menší míře, ale jsou důležité pro kvilivý hluk.  $R_n$  jsou rovněž důležité z hlediska okolového hluku. Hodnoty tlumení  $\xi$  se dají zjistit z frekvenční odezvové funkce, podle následujícího vzorce:

$$\xi = \frac{f_2 - f_1}{2 \cdot f} \cdot 100 \quad [\%]$$

kde  $f_0$  – vlastní/rezonanční frekvence [Hz]

$f_{1,2}$  – frekvence v postranním pásmu  $f_0$ , pro které je amplituda rovna  $1/\sqrt{2}$  násobku amplitudy rezonanční frekvence („určeno šířkou rezonanční křivky při poklesu amplitudy o 3dB“) [Hz]

Vibrace kola jsou definovány vlastními frekvencemi, tvary (módy) a tlumením na daných frekvencích. Příklady vlastních tvarů jsou uvedeny na obrázku 4. Tvary módů s 0 a 1 uzlovým průměrem (uzlové čáry) mají větší tlumení v důsledku jejich spojení s nápravou, a jsou tedy buzeny méně (jsou méně důležité). Tvary módů s 1 uzlovým průměrem  $1L_n$  a radiální tvary módů  $R_n$  s počtem uzlových průměrů  $n \geq 2$  jsou nejdůležitějšími módy pro valivý hluk, zejména pak tvary s  $n = 2, 3$  a  $4$ . Axiální tvary módů  $0L_n$  s  $n \geq 2$  jsou buzeny valením v menší míře, ale jsou důležité pro kvilivý hluk.  $R_n$  jsou rovněž důležité z hlediska okolového hluku. Na základě numerické modální a harmonické analýzy byly nalezeny důležité tvary kmitání. Bylo snahou tyto tvary co nejvíce ztlumit, především tvarovou a materiálovou optimalizací tlumiče.

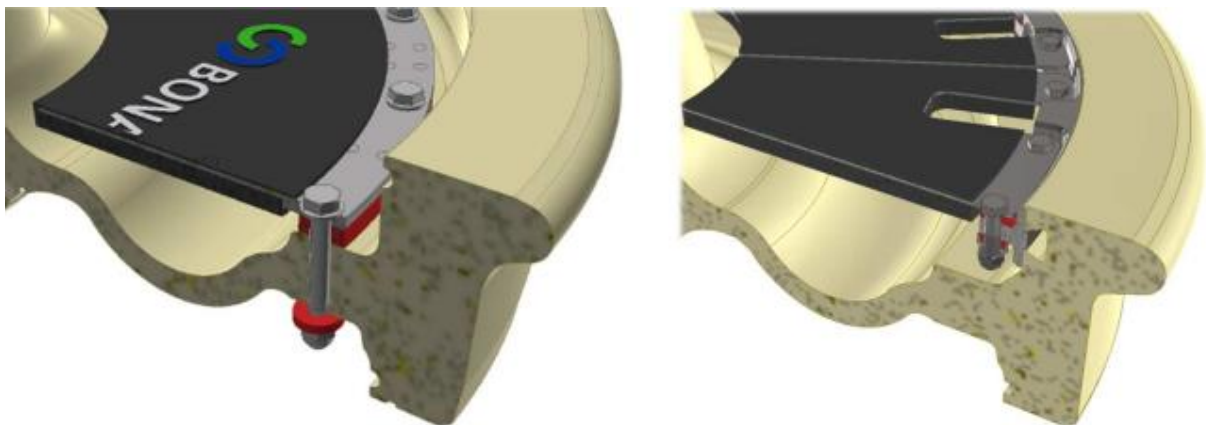


Obr.2 Odečítání tlumení z FRF

## 2 MKP a hluková analýza

Před započítáním samotných konstrukčních návrhů bylo v prvním kroku nutné nalézt vhodné termoizolační materiály, které by byly schopny vyhovět daným požadavkům na nízkou tepelnou vodivost a dobrou obrobitelnost se zachováním mechanických vlastností schopných odolávat zatěžování kol během provozu. Na zvolené kolo pak následoval prvotní konstrukční návrh tepelně izolovaných tlumičů s užitím termoizolačních materiálů aplikovaných mezi kolem a tlumiči. Těmto požadavkům vyhověl tepelně izolační materiál Glashterm HT500 a Glashterm HT250HQ. Materiál HT500 je určen pro spádové brzdění, tedy větší tepelné zatížení.

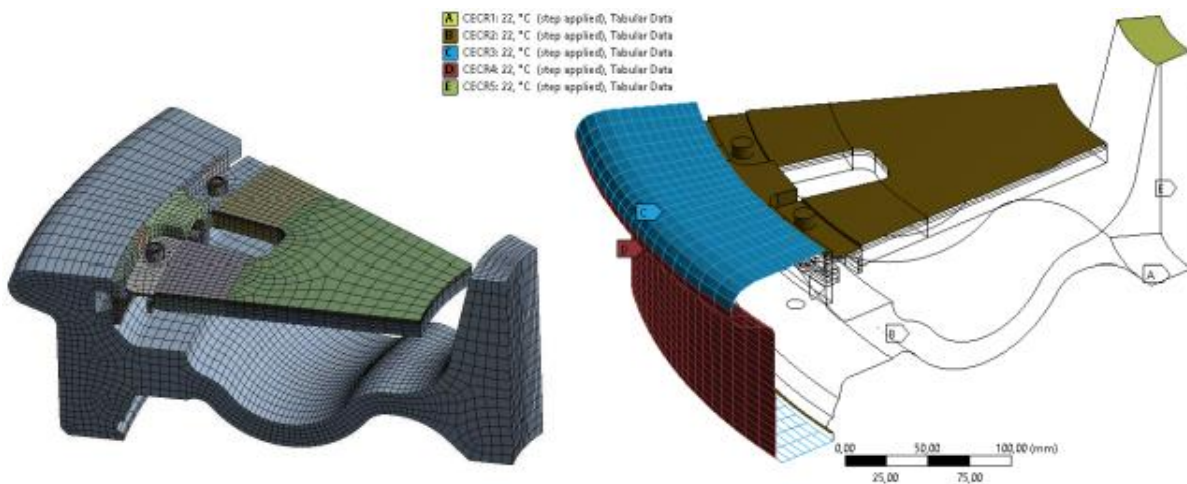
Na navržené kolo následoval konstrukční návrh dvou typů tepelně izolovaných tlumičů s užitím termoizolačních materiálů. První deskový tlumič klasické konstrukce je vázán na desku kola a druhý listový tlumič je upevněn přes speciální tělesa šroubovaná do rybinové drážky. Na obrázku 3 jsou patrné obě konstrukce, kde červenou barvou je vykreslen tepelně izolační člen.



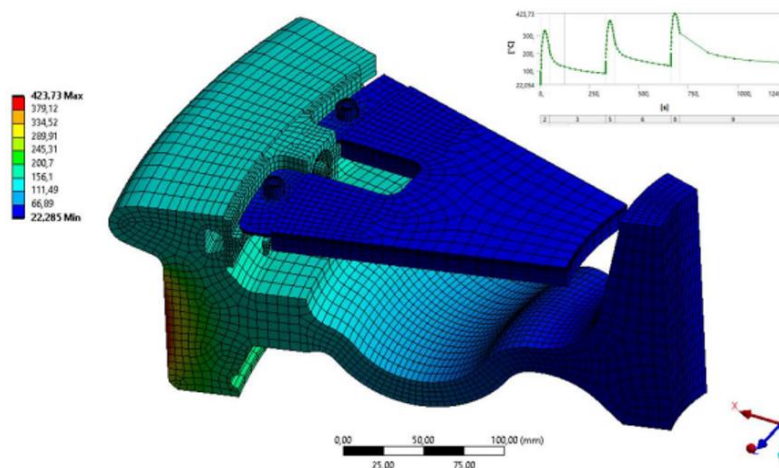
Obr.3 Koncepce tlumiče pro vysokoteplotní aplikace

Navržené koncepcce bylo nutné ověřit z pohledu termického zatížení aplikovaného na jízdní plochu při intervalovém brzdění. Samotné brzdění vychází z designových parametrů dodaných oddělením konstrukce firmy Bonatrans. Konkrétně se jedná o rychlost jízdy a časové intervaly, během kterých je nutno jednotku zastavit. Brzdný výkon vychází z nápravového zatížení dvojkolí, průměru kola a brzdné plochy, kterou je tepelný tok přenášen přes jízdní plochu do kola. U kompozitních brzdných špalíků se předpokládá, že 90 % tepelného výkonu se přenesse do kola.

S využitím softwaru Ansys byla provedena transienční tepelná analýza u konstrukce listového tlumiče pro kolo Ba320. Kolo Ba320 bylo vybráno z titulu realizace provozního měření s tímto typem kola. Tlumič byl aplikován na věncové části kola skrze rybinovou drážku s využitím termoizolačního materiálu Glatherm HT 250 HQ. Konečnoprvková síť a zadané odvoody tepla v souladu se zprávou UIC ERRI B 169 RP1 je znázorněna na obrázku 4.

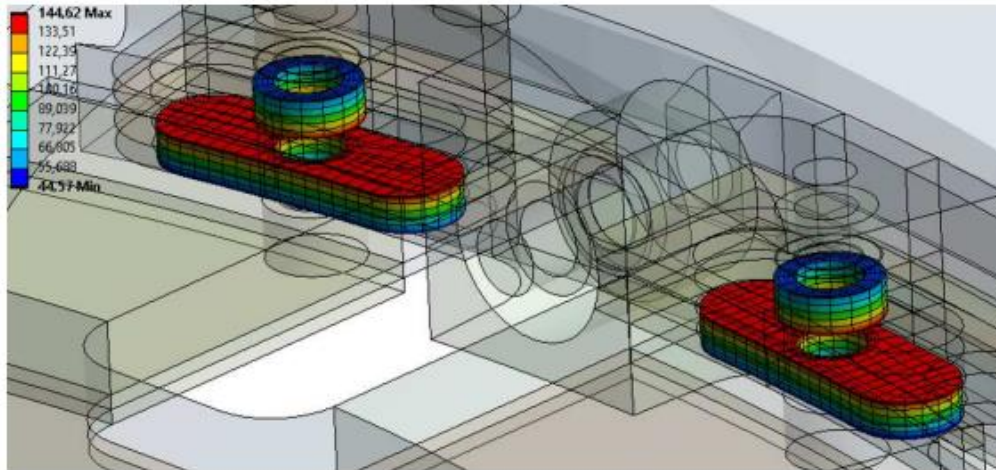


Obr.4 Vstupní model do MKP analýzy



Obr.5 Teplotní pole v rámci celého modelu

Pod povrchem kontaktní plochy s brzdovým špalíkem je kolo ohřáto na teplotu 424 °C a v místech upnutí tlumícího systému se teploty pohybovaly do 160 °C. Na samotné nosné těleso se přes izolační tělesa upíná listový tlumič. Na obrázku 6 je vidět rozložení teplot na termoizolačních členech.

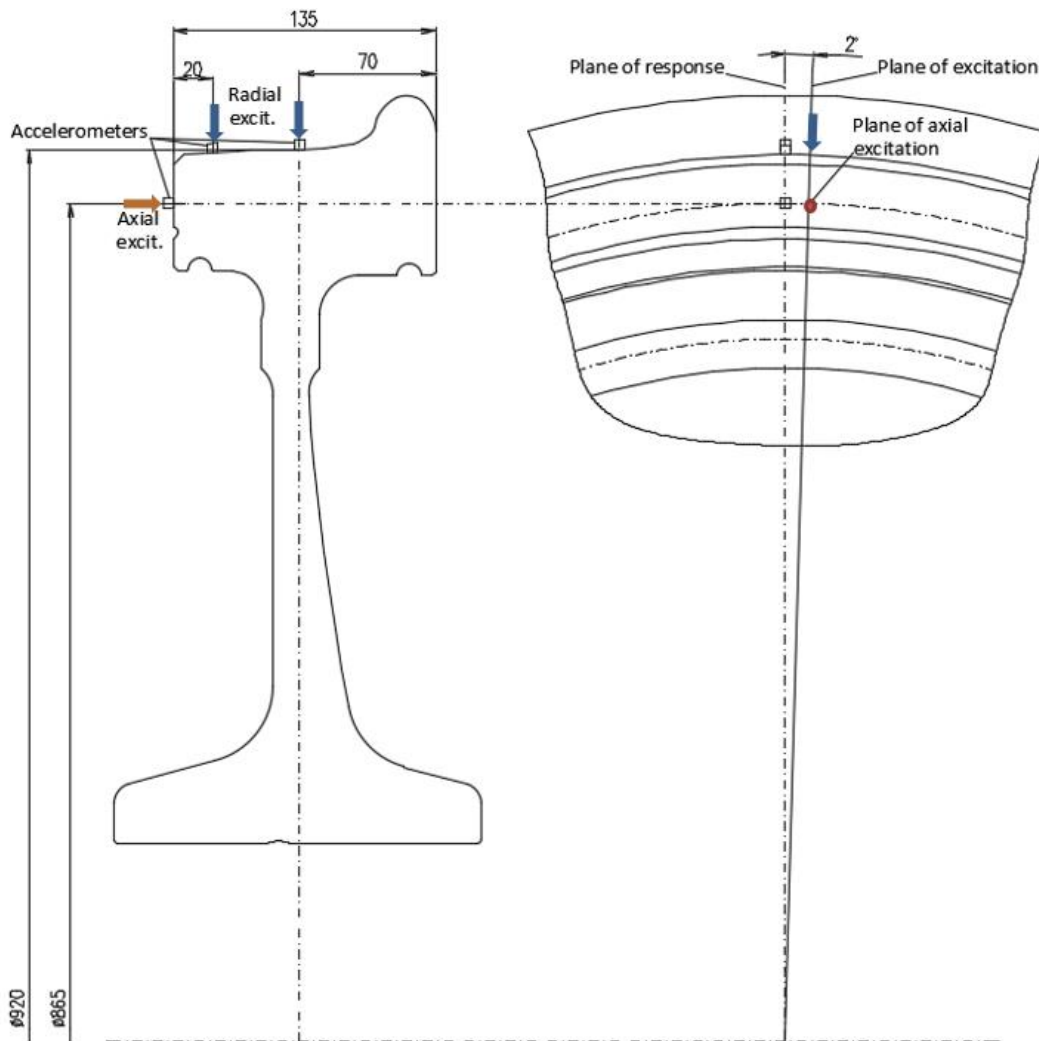


Obr.6 Teplotní pole v rámci termo izolačních členů

Z výše uvedeného obrázku je patrná účinnost termoizolačních členů, jež jsou schopny izolovat konstrukční řešení listového tlumiče na teploty do 60 °C, které jsou z hlediska teplotní degradace pryže v celém spektru zatěžování pod hranicí její únosnosti. Z celkového průběhu teplot na kole je viditelná i vhodnost užití těchto izolantů v případě aplikace deskového tlumiče na desku kola, ve které jsou teploty nižší vůči oblasti rybinové drážky.

Měření v laboratoři bylo provedeno na provozovaném dvojkolí s mírně opotřebenými koly. Dvojkolí bylo položeno na ložiskových domcích v laboratoři. Bylo použito zařízení Brüel&Kjær - analyzátor LAN-XI 3050, jednoosý akcelerometr pro měření odezvových funkcí, tříosý akcelerometr pro modální analýzu a rázové kladívko Brüel&Kjær. Měření odezvy na mechanické buzení pomocí bylo provedeno ve frekvenčním rozsahu od 0 do 6400 Hz. Funkce frekvenční odezvy byly transformovány do softwaru BK Connect, ve kterém byly vyhodnoceny vlastní frekvence, tvary módů a hodnoty tlumení. Tlumení se odečítalo z frekvenční odezvové funkce. Ta se získala vybudněním kola v daných bodech. Měřilo se vždy v bodě na jízdní kružnici radiálně, na čele kola radiálně + axiálně (obrázek 7). Takto se měřilo ve třech průřezech a na vybraných místech na desce kola a nápravě.





Obr.7 Grafické znázornění měřících bodů

Výpočet valivého hluku se prováděl v programu STARDAMP, který slouží jako komparativní nástroj pro výpočet zkoumaného kola vůči kolu referenčnímu. Je přednostně určen pro výpočet celistvých osově symetrických kol (bez děr, bez brzdových kotoučů). V programu je možné provádět analýzy i složitějších konstrukcí s odlišným přístupem klasifikace vibrací (např. pryží odpružených kol). Soubor z MP Editoru popisuje vibrace kola v daném frekvenčním pásmu a je vstupem do programu STARDAMP. U samotného výpočtu valivého hluku je následně nutné definovat tyto parametry: *Zatížení kola v radiálním směru; Délka vozidla; Počet dvojkolí na vůz; Rychlost; Model tratě; Drsnost kola; Drsnost kolejnice; Dynamický útlum tratě.*

Aby byl výpočet co nejpřesnější, bylo provedeno několik měření. Ty zahrnovaly měření akustické drsnosti kol a kolejnic a měření dynamického útlumu tratě (TDR - track decay rate). Prováděly je VÚŽ a VÚKV. Výsledky analýzy jsou uvedeny v následující tabulce.

Tab.1 Výsledné hodnoty a redukce z programu STARDAMP

A-weighted SPL LTD [dB(A)]			Reduction Bare vs. Damped wheel
	BareDG	LTD	LTD
<b>Wheel</b>	73,4	67,7	-5,7
<b>Track</b>	71,8	71,4	-0,4
<b>Total</b>	<b>75,7</b>	<b>72,9</b>	<b>-2,8</b>

### 3 Prototyp a měření na zkušebním okruhu

Na základě transienční teplotní analýzy pro intervalové brždění kola na jízdni ploše byly vyhotoveny finální návrhy tlumiče pro řešení listového tlumiče s využitím montáže přes rybinovou drážku.



Obr.8 Prototyp tlumiče pro vysokoteplotní aplikace



Obr.9 Umístění mikrofonů při provozním měření

Měření probíhala jak na stacionárním stanovišti, tak přímo na voze. Na stacionárním stanovišti byly umístěny dva mikrofony označené jako LMIC (levý mikrofon ve směru jízdy) a RMIC (pravý mikrofon ve směru jízdy). Mikrofony byly umístěny do pozice 7,5 metru od osy tratě a 1,2 metru nad temeno kolejnice. Na voze byly umístěny mikrofony přímo u kol ve vzdálenosti 200 mm od čela věnce kola a 250 mm od hlavy kolejnice.

Měřil se hluk vyzařovaný při jízdě referenčním úsekem podle návrhu směrnice 2001/16/ES „TSI pro konvenční vozidla – hluk“, ve shodě s metodikou měření dle ISO 3095. Naměřené hodnoty ekvivalentní trvale vážené hladiny akustického tlaku  $L_{PAeq,Tp}$  (zkráceně ekvivalentní hladina) byly přepočteny podle TSI dle níže uvedeného vztahu:

$$L_{PAeq,Tp}^{REF} = L_{PAeq,Tp}^{MER} - 30 \cdot \log\left(\frac{v_{skut}}{80}\right) - 10 \cdot \log\left(\frac{A_{PL,vag}}{0,225}\right) \quad [dB(A)]$$

kde  $L_{PAeq,Tp}^{REF}$  – přepočtená hodnota ekvivalentní hladiny akust. tlaku na daném časovém úseku [dB(A)]

$L_{PAeq,Tp}^{MER}$  – naměřená hodnota ekvivalentní hladiny akust. tlaku na daném časovém úseku [dB(A)]

$v_{skut}$  – skutečná rychlost vlaku [km·h<sup>-1</sup>]

$A_{PL,vag}$  – počet náprav dělený délkou vozu přes nárazníky, [m<sup>-1</sup>]

Výsledné redukce jsou uvedeny v následujících tabulkách 2 a 3.

Tab.2 Výsledné hodnoty redukcí z měření na stacionárním stanovišti

Kolo	Tlumiče	$\Delta Ba_{314}$ [dB (A)]		$\Delta Bare$ [dB (A)]	
		LMIC	RMIC	LMIC	RMIC
Ba320 ryb	NT	-3,7	-	-1,8	-
	LTD	-4,6	-	-2,7	-
	CRH3	-	-4,2	-	-2,6

Tab.3 Výsledné hodnoty redukcí z měření mikrofony u kol

Kolo	Tlumiče	$\Delta Ba_{314}$ [dB (A)]		$\Delta Bare$ [dB (A)]	
		LMIC	RMIC	LMIC	RMIC
Ba320 ryb	NT	-6,2	-	-5,4	-
	LTD	-8,1	-	-7,2	-

## 7 Závěr

Článek popisuje vývoj prototypu tlumiče železničních dvojkolí pro vysokoteplotní aplikace. Těmito aplikacemi se rozumí použití tam, kde se požívá brzdění špalíkem o jízdní plochu kola. Většinou se jedná o nákladní vlaky a v menší míře pak o vlaky osobní. Dosavadní způsoby tlumení hluku pro vysokoteplotní aplikace jsou již nedostatečné. Proto byl vyvinut uvedený tlumič. Vývoj zahrnoval mnoho inženýrských přístupů, jako jsou MKP výpočet, výpočet hluku, experimentální měření a provozní měření na zkušebním okruhu. V rámci výpočtu a měření hluku bylo dosaženo velice uspokojivé korelace mezi měřením a výpočtem. Naměřená redukce holého kola vůči kolu tlumenému byla -2,6 dB (A) a vypočtená pak -2,8 dB (A). Toto se dá považovat za nadstandardně zdařilé měření a výpočet.

Dalším postupem pak bude ověření výpočtů na brzděném standu, kde bude použita 16-ti kanálová telemetrie pro měření teplot a akcelerace za rotace a také budou provedeny únavové a pevnostní zkoušky tepelně izolačního materiálu. Podle výstupů z jednotlivých měření a výpočtů bude pak prototyp upraven.

## Literatura

- [1] WEISZ, Michal. *Měření a numerické modelování hluku a vibrací železničního kola: Measurement and numerical modeling of railway wheel noise and vibration : disertační práce*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2014. Vědecké spisy Fakulty strojní. Autoreferáty disertačních prací, sv. 247. ISBN 978-80-248-3393-4.
- [2] THOMPSON, David. *Railway noise and vibration*. Linacre House, Jordan Hill, Oxford OX2 8DP, UK: Elsevier, 2009. ISBN 978-0-08-045147-3.
- [3] MATERNA, Alois. *Výpočtové modely konstrukcí v metodě konečných prvků: teze habilitační práce k habilitačnímu řízení v oboru Aplikovaná mechanika*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, 2009. Vědecké spisy Fakulty strojní. Habilitační a inaugurační spisy, sv. 56. ISBN 978-80-248-2077-4. Habilitační práce. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava.
- [4] FIALA, Jaromír, Adolf BEBR a Zdeněk MATOŠKA. *Strojnické tabulky. 1, Materiály pro strojírenskou výrobu*. 2. vyd. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury, 1990. ISBN 80-03-00457-8.
- [5] MOHYLA, Miroslav. *Nekonvenční strojírenské materiály I*. 2. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2003 dotisk. ISBN 80-7078-969-7.
- [6] BILOŠOVÁ, Alena. *Vibrační diagnostika: školící texty kurzů profesního vzdělávání*. Bohumín: Diagnostický a technický institut Bohumín, 2007. Vibrace, DTI 07/VIB 08/.

# MĚŘÍCÍ SYSTÉM DEWESOFT VE VÝUCE, VĚDĚ A VÝZKUMU

Štěpán PRAVDA, VŠB-TU Ostrava <sup>16</sup>

Poznámka: Text příspěvku zpracován dle dodané PowerPointové prezentace.

## 1 Úvod a představení modulárního DAQ systému

- **DAQ = systém pro sběr dat - umožňuje změřit, zaznamenat, převést a zobrazit průběh kterékoliv fyzikální veličiny,**
- **Modulární = systém je stavebnicový, jednotlivé přístroje je možné propojit a počet měřících kanálů je závislý defacto jen na finančních a technických výpočetních možnostech uživatele.**



## 2 Zkušenosti s DEWESoft a dosavadní praxe

- 2 roky praxe na pozici technika-dagnostika ve společnosti AVL Moravia s.r.o.,
- praktické zkušenosti s dynamickým vyvažováním velkých rotorů (tzv. rolí) u válcových dynamometrů,
- modální analýza, akustická měření a zpracování dat v software DEWESoft.



---

<sup>16</sup> Ing. Štěpán Pravda

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, FS, Katedra konstruování

17. listopadu 2172/15, 708 00 Ostrava-Poruba

tel.: +420 597 324 452, mobil: +420 702 072 408, e-mail: stepan.pravda.st@vsb.cz



### 3 Výhody a nevýhody DAQ Sirius®

#### Výhody:

- nízké pořizovací náklady (v poměru k možnostem přístroje),
- velká variabilita měření (měření elektrických i neelektrických veličin teplota, síla, rychlost, vibrace atd.),
- modularita = kombinace velkého počtu kanálů a měřicího hardware,
- freeware software - uživatelsky přístupný měřicí software, licence je vázaná pouze na měřicí hardware,
- uživatelská podpora a neustálý vývoj.

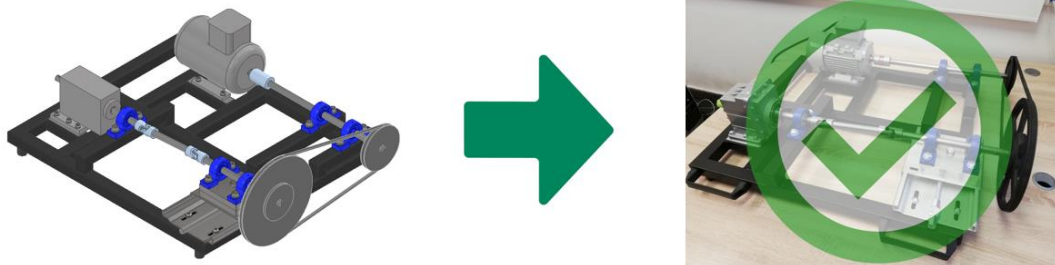
#### Nevýhody:

- nutnost propojení s PC (obtížnější provozní využití),
- u komplexnějších aplikací potřeba dokoupení placeného software (např. modální analýza),
- použití externího napájecího zdroje (powerbanka/síťový adaptér).

### 4 Zapojení systému ve výuce a VaV na Katedře konstruování VŠB-TUO

#### A. Propojení výstupů SGS

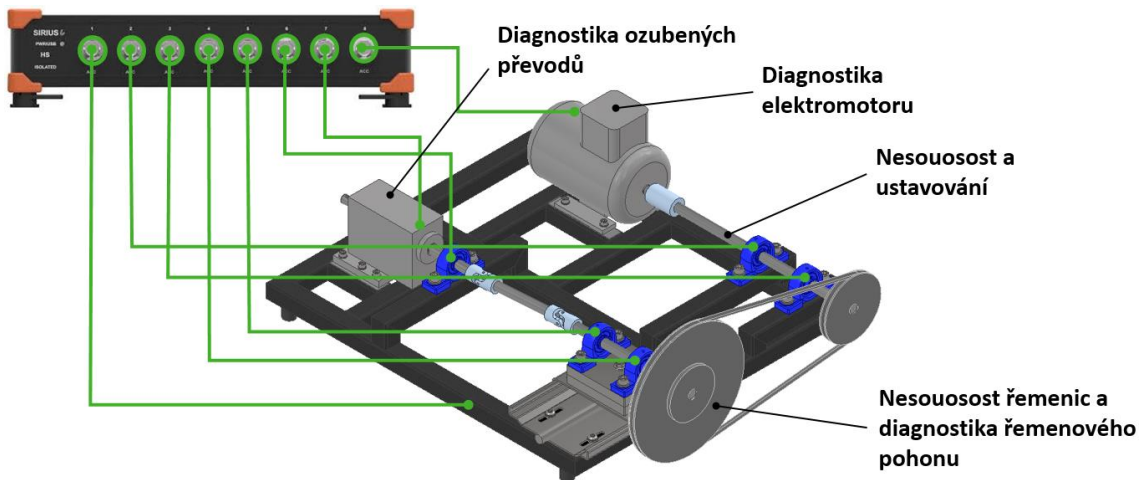
- **SGS 2021** - cílem projektu byl návrh, realizace a optimalizace laboratorního měřicího standu pro simulaci provozních podmínek nejen v oblasti technické diagnostiky,
- Projekt byl **úspěšně dokončen** a průběžně je optimalizován.



- **SGS 2022** - zajištění měřicí techniky pro rozšíření možností realizace VaV a zdokonalení výuky na katedře.

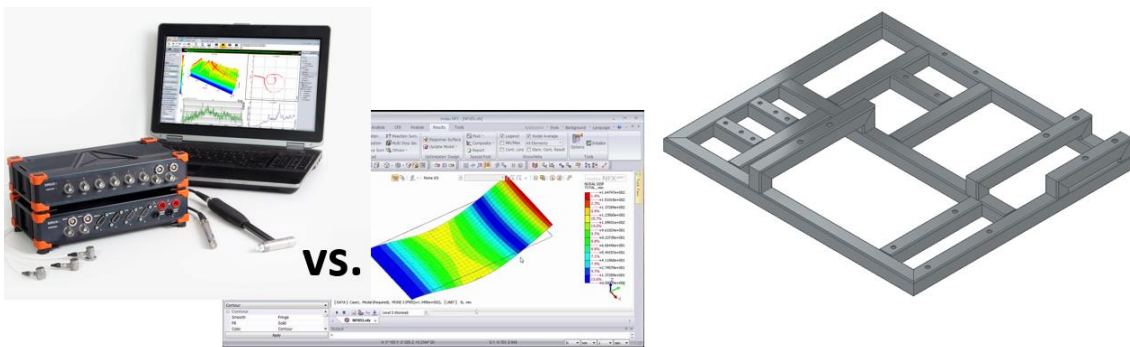


## B. Aplikace ve výuce - Technická diagnostika



## C. Aplikace ve vědě a výzkumu

Porovnání výsledků modální analýzy matematického modelu rámové konstrukce zařízení a reálných naměřených výsledků – návrh metodiky optimalizace.



Využití termografického měření a obálky zrychlení při poruchách valivých ložisek; vývoj poruchy a srovnání záznamu v reálném čase pro optimalizaci včasnosti varování.



#### D. Další spektrum využití VaV

- akustická diagnostika a akustická měření, oktávová analýza,
- frekvenční spektrum,
- orbitální analýza,
- měření elektrických veličin,
- dynamické vyvažování,
- automotive testy – hlučnost brzd, brzdny účinek, analýza spalovacích motorů.



#### Literatura

- [1] Data Acquisition Systems (DAQ) [online]. Dostupné z: <https://dewesoft.com/>
- [2] AVL - Development, testing & simulation of powertrain systems [online]. Dostupné z: <https://www.avl.com/>
- [3] Katedra konstruování má pro výuku nové reprezentativní prostory [online]. 2020. Dostupné také z: <https://www.fs.vsb.cz/cs/o-fakulte/aktuality/detail-novinky/?reportId=41074&linkBack=%2Fcs%2Fo-fakulte%2Faktuality%2Findex.html>

# VIRTUÁLNÍ REALITA „VČERA, DNES A ZÍTRA“

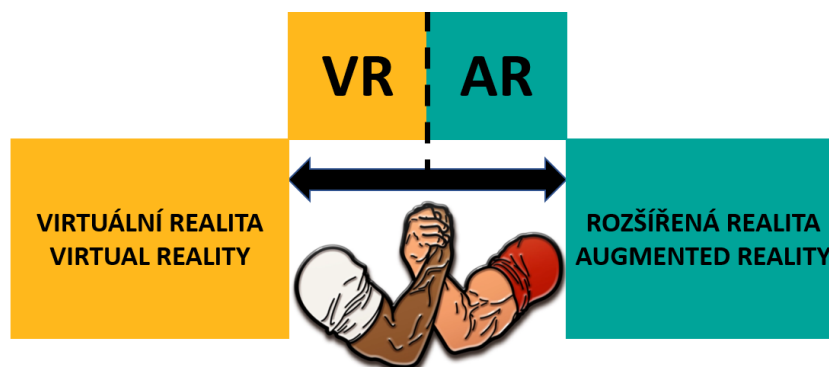
Radim ŠEBESTA, VŠB-TU Ostrava <sup>17</sup>

Poznámka: Text příspěvku zpracován dle dodané PowerPointové prezentace.

## 1 Úvod

„Iluze skutečného světa, kde se uživatel ocitá v simulovaném prostředí, které je v ideálním případě doprovázeno interakcí s ním“.

„VR replikuje prostředí, které simuluje fyzickou přítomnost v místech reálného světa nebo toho imaginárního“.



## 2 Prapůvod VR

1792:

- **Robert Barker** (1739 – 1806),
- poprvé se objevuje pojem **PANORAMA**,
- **PAN** (VŠE) **HORAMA** (POHLED).

Malba na cylindrický povrch



<sup>17</sup> Ing. Radim Šebesta

Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, FS, Katedra konstruování

17. listopadu 2172/15, 708 00 Ostrava-Poruba

tel.: +420 597 324 452, e-mail: radim.sebesta@vsb.cz



**1898:**

- **Luděk Marold** (1865 – 1898),
- Spolupracovníci L. Marolda: malíř Karel Rašek, krajinář Václav Jansa, scénický výtvarník Karel Štapfer, kolorista Theodor Hilšer a malíř koní Ludvík Vacátko.

### Maroldovo panoráma



### **3 První základy VR**

**1838:**

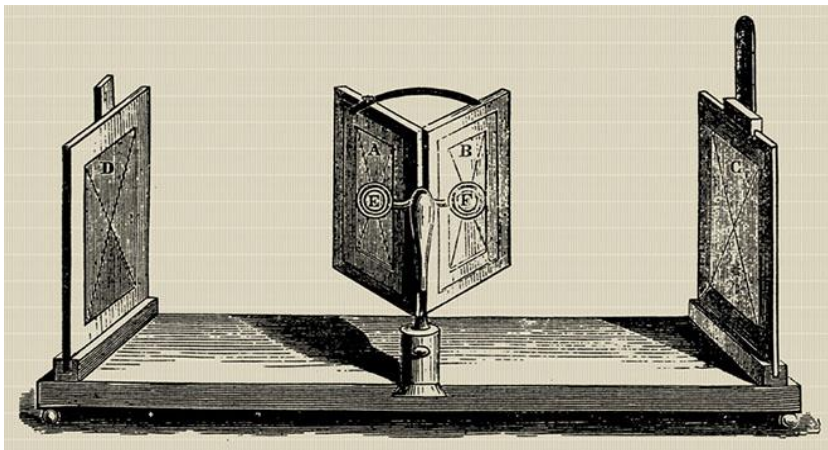
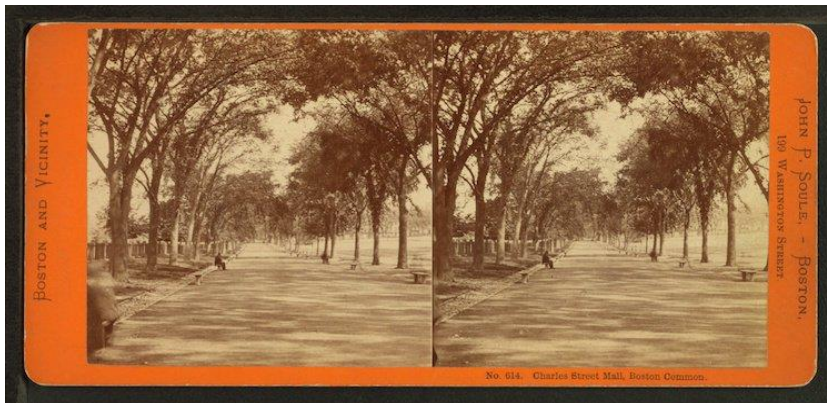
- **Charles Wheatstone** (1802 – 1875),
- sestrojení prvního **STEREOSKOPU** (první prohlížení fotek ve 3D).

Princip stereoskopu: ve stereoskopu je možné prohlížení dvou obrázků, které jsou totožné (pořízené stereofotoaparátem). Každá čočka má nastavený jiný úhel, tím je vytvářena primitivní 3D iluze, kterou je možné zachytit nepoškozeným okem.

Tato technologická jednoduchost a genialita se stala základem pro budoucí rozvíjení zařízení pro virtuální realitu.



## Wheatstoneův zrcadlový stereoskop



### 4 Průkopník VR č. 1

1960:

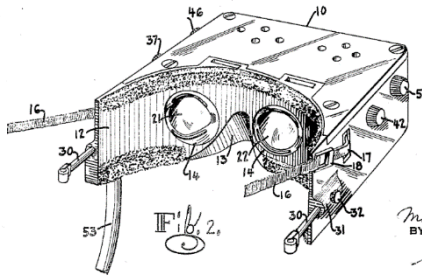
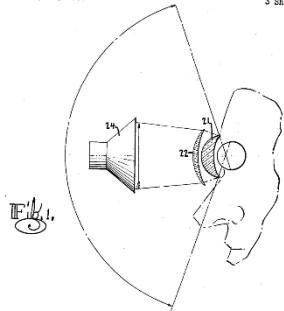
- Morton Leonard Heilig (1926 – 1997),
- „Ideologický vůdce VR revoluce“,
- filozof, vynálezce, filmař a průkopník,
- je představena **TELESPHERE MASK**.

Popis TM: jedná se o první HMD (Head - Mounted Display), tedy zařízení nasazené na hlavu, které vám umožní konzumaci daného média.

Využívá principu stereoskopu. Pouze sledování obrázků s doprovodem zvukových efektů. Sledování pohybu není stále k dispozici.

Zařízení nasměrovalo design HMD.

Oct. 4, 1960 M. L. HEILIG 2,955,156  
 STEREOGRAPHIC-TELEVISION APPARATUS FOR INDIVIDUAL USE  
 Filed May 24, 1967 3 Sheets-Sheet 1



INVENTOR  
 Morton L. Heilig  
 BY  
 Broyles & Leonard  
 ATTORNEYS



### 1962:

- patent udělen, představena je **SENSORAMA**,
- jedná se předchůdce 5D kin,
- zařízení promítalo film, dokázalo poskytovat uvěřitelné stereo, vytvářet vítr, vůně a vibrace,
- složitý stroj → nenalezení investorů → pouze prototyp.

Introducing . . .

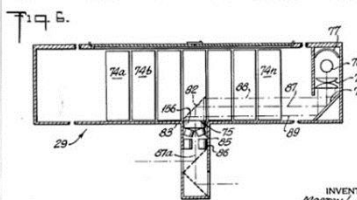
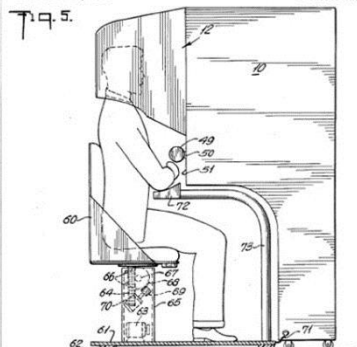
# sensorama

The Revolutionary Motion Picture System that takes you into another world with

- 3-D
- WIDE VISION
- MOTION
- COLOR
- STEREO-SOUND
- AROMAS
- WIND
- VIBRATIONS

SENSORAMA, INC., 855 GALLOWAY ST., PACIFIC PALISADES, CALIF. 90272  
 TEL. (213) 459-2162

Aug. 28, 1962 M. L. HEILIG 3,050,870  
 SENSORAMA SIMULATOR  
 Filed Jan. 10, 1961 8 Sheets-Sheet 3



INVENTOR  
 MORTON L. HEILIG  
 BY  
 Douglas M. Clark  
 ATTORNEY

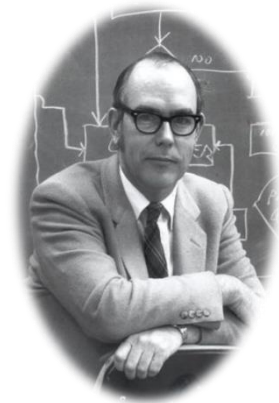
### 1945:

- čestné uznání - **Thelm McCollum**
- návrh komplikovaných brýlí pro VR.
- M. Heilig se inspiroval tímto zařízením.

## 5 Otec VR č. 1

1965:

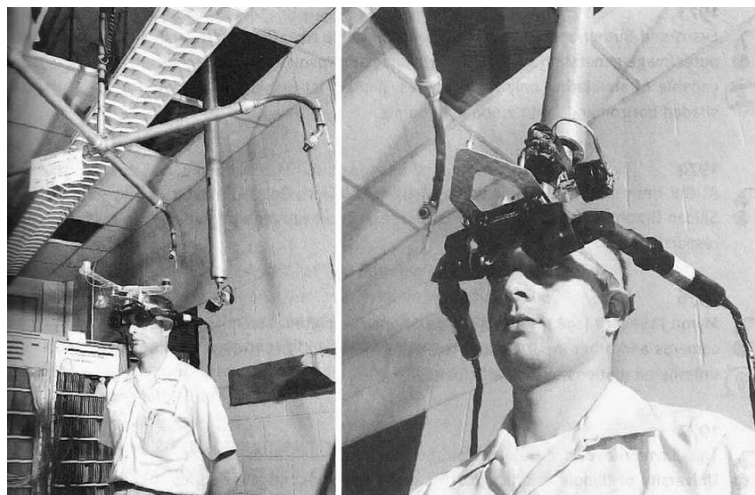
- **Ivan Edward Sutherland (1938),**
- „zakladatel moderní počítačové grafiky“,
- vynálezce a vědec v oblasti PC,
- pomocník - student Bob Sproull,
- **vytvořeno první komplexní VR/AR zařízení.**



Popis zařízení: Uživatel mohl za pomoci tohoto zařízení vidět virtuální realitu a dokonce s prostředím interagovat. Jednalo se o jednoduché drátěné virtuální objekty. Když uživatel pohnul hlavou, změnila se perspektiva těchto objektů.

Jednalo se o velmi silný počítačový hardware a na něj připojený těžký headset (pomocí mechanického ramene), který musel být upevněn ke stropu místnosti jinak by svého uživatele rozdrtil (zároveň uživatel byl připoután k zařízení). Toto zařízení bylo pojmenováno „Damoklův meč“.

Koncept, kdy počítač vytvoří virtuální svět a udržuje ho v provozu v reálném čase, tj. virtuální prostor.



## 6 Armáda na tahu

1966:

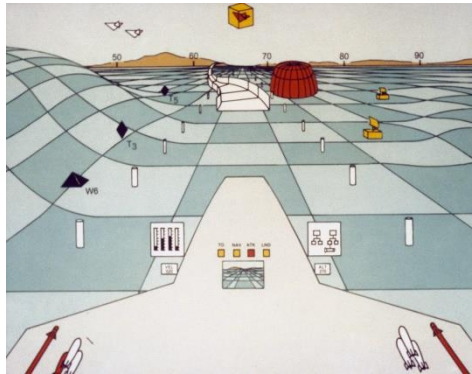
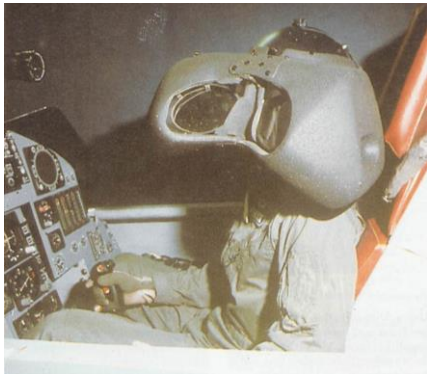
- **Thomas Furness III. (1943),**
- vojenský inženýr a vynálezce,
- **vytvořil první letecký simulátor pro letectvo.**

Rok **1966** je milníkem startu rychlého rozvoje VR technologií. Napomohlo tomu zejména **silné financování ze strany armády**. Nejdříve v USA a poté v dalších zemích světa.

Následně v **70. letech** se objevují proudové stíhačky 4. generace (F-15, F-16, MiG-29, Su-27, Mirage-2000, ...), u kterých přibývá stále více ovládacích prvků pro řízení, zbraně, atd...



Proto je potřeba řádného školení a tréninku pro tyto stroje → **rozvoj VR simu-  
látorů.**



#### Vývoj leteckých VR simulátorů:

- 1967 - Display zabudovaný v helmě,
- 1969 - Mířidla montované na přilbu,
- 1971 - Vizuální propojení systémů,
- 1976 - Binokulární HMD,
- 1981 - Vizuální propojení vzdušných systémů,
- 1986 - Komplexní VR simulátor Super Cockpit.

### 7 Cestou k devadesátkám

**1978:**

- **Andrew B. Lippman,**
- spolupráce **Massachusetts Institute of Technology** a vojenskou agenturou **DARPA** (Agentura moderních výzkumných projektů),
- vznik prvního hypermediálního systému „**Aspen Movie Map**“,
- jedná se o první virtuální prohlídku zmapovaného místa (Aspen, Colorado).



**1987:**

- **Jaron Zepel Lanier** (1960),

- PC vědec, vizuální umělec, spisovatel počítačové filozofie, technolog, skladatel současné vážné hudby,
- zásluhy v popularizaci a definování VR,
- založení první firmy se zaměřením na výzkum a vývoj VR VPL Research (Visual Programming Lab Research),
- brýle EyePhone,
- datová rukavice „The Data Glove“,
- datový oblek „The Data Suit“.

Kombinace těchto zařízení nabízela vysoký zážitek virtuálního světa. Vše bylo pomocí senzorů přenášeno do počítače.

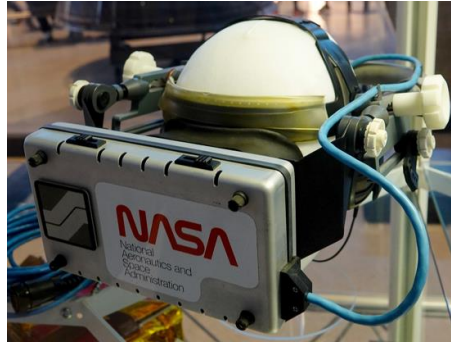


**1989:**

- **Scott Foster,**
- zakladatel společnosti **Crystal River Engineering Inc.,**
- **pokrok a inovace zvuku v oblasti VR.**

**CRE Inc.** obdržela smlouvu od **NASA** na vývoj projektu **Virtual Environment Project (VIEW)**. Jednalo se o tréninkový simulátor pro astronauty. **Toto vedlo k vývoji binaurálního zpracování 3D zvuku v reálném čase.** Zároveň projekt naznačil, jak by měli vypadat moderní soupravy pro VR.





## 8 VR devadesátky - giganti kříží meče 1

- začátek komerčního rozvoje VR pro domácnosti,
- souboj gigantů herního průmyslu společností **SEGA** a **NINTENDO**,
- tyto neúspěchy vedly k útlumu zájmu společnosti o VR na několik let.

**SEGA**®



**Nintendo**

### SEGA

Vytvořen VR headset pro konzoli *Sega Genesis*. Zůstal v prototypové fázi z důvodu složitosti financování a nezájmu společnosti o tuto technologii → **FATÁLNÍ NEÚSPĚCH**.

### NINTENDO

Představen *Nintendo Virtual Boy*, první přenosná konzole schopná poskytovat VR. Komerční neúspěch a nezájem společnosti o tuto technologii → **FATÁLNÍ NEÚSPĚCH**.

**1991:**

- čestné uznání - **Virtuality Group**

Na začátku 90. let se jevily jako cesta pro komerční využití VR herní automaty, které měly oblibu v 80. letech. Proto společnost vytvořila VR herní automaty, které zpočátku slavily úspěch, ale nemělo to dlouhého trvání.

## 9 2012 - konec světa? VR otřásl světem

**2012:**

- 1. srpna vstupuje na **Kickstarter Oculus Rift**,
- **vývojáři chtějí nakopnout vývoj VR zařízení pro komerční účely, pomoc hledají na Kickstarteru.**

Po představení Oculus Riftu začíná komerční boom VR na trhu. Firmy začínají investovat čím dál více prostředků do vývoje a zájem projevují nejruznější odvětví (lékařství, průmysl, atd...).

## Virtuální šílenství začíná!



OČEKÁVÁNÍ – 250 000 \$

VYBRÁNO – 2 500 000 \$

### 10 VR dnes - giganti kříží meče 2

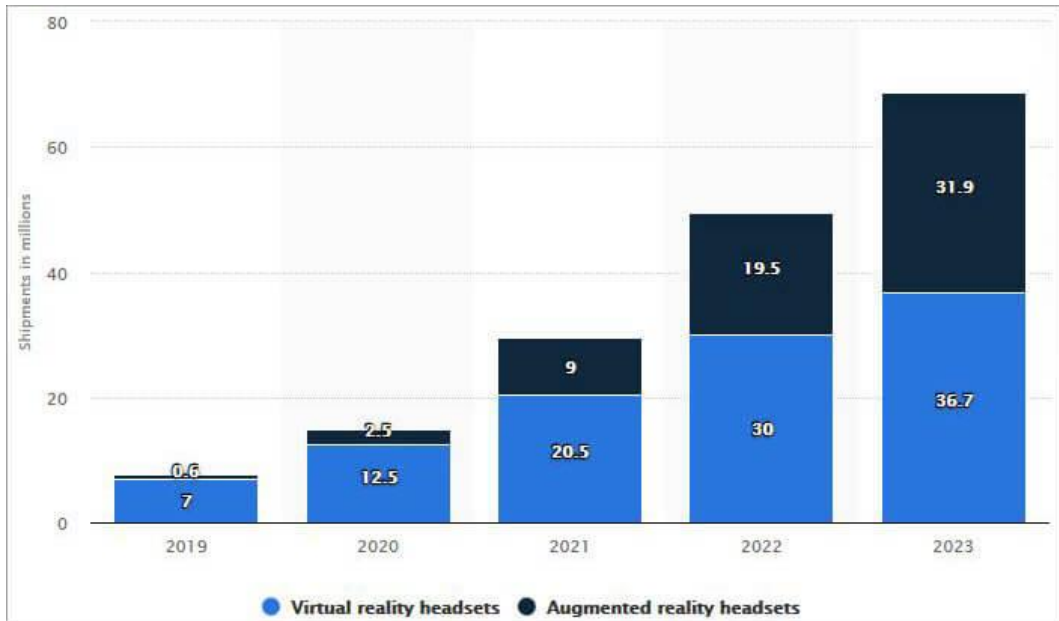
- k dnešku je velké množství firem, které vyrábí VR,
- ale i dnes trhu vládnou 2(?) giganti.



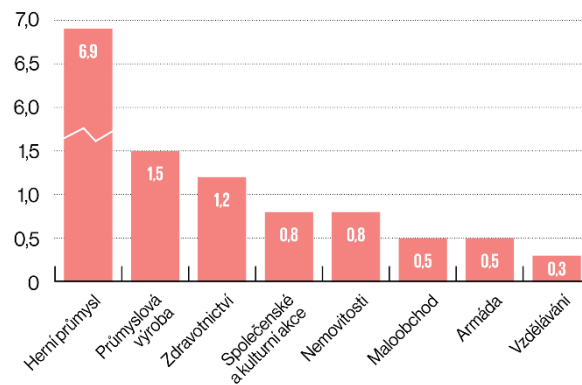
## SONY



## 11 VR v číslech



### Nasazení virtuální a rozšířené reality podle odvětví (tržby v mld. USD)



Zdroj: ResearchGate

## 12 Budoucnost? Fantazii se meze nekladou

- zábava,
- průmysl,
- vzdělání,
- lékařství,
- armáda,
- služby.



### Literatura

- [1] <https://www.softwaretestinghelp.com/future-of-virtual-reality/>
- [2] <https://ekonom.cz/c1-66930380-virtualni-realita-uz-neni-jen-pro-hrace-budoucnost-ma-ve-firmach>
- [3] <https://newatlas.com/merkava-mk-4-barak-smart-tank/55556/>
- [4] <https://virtualspeech.com/blog/history-of-vr>
- [5] <https://voicesofvr.com/245-50-years-of-vr-with-tom-furness-the-super-cockpit-virtual-retinal-display-hit-lab-virtual-world-society/>
- [6] <https://cdr.cz/clanek/vzestup-pad-vzestup-ambiciozni-technologie-aneb-strucna-historie-vr>
- [7] [https://wikisofia.cz/wiki/Virtu%C3%A1ln%C3%AD\\_realita](https://wikisofia.cz/wiki/Virtu%C3%A1ln%C3%AD_realita)
- [8] <https://vreducation.cz/virtualni-realita-historie-a-soucasnost/>

# MOŽNOSTI ZVYŠOVANIA ŽIVOTNOSTI NÁSTROJOV PRACUJÚCICH V LESNOM HOSPODÁRSTVE NAVÁRANÍM

**Monika VARGOVÁ**, Technická Univerzita vo Zvolene <sup>18</sup>

**Tomáš KUVIK**, Technická Univerzita vo Zvolene <sup>19</sup>

**Ján MELICHERČÍK**, Technická Univerzita vo Zvolene <sup>20</sup>

## Anotácia

Článok je zameraný na možnosti zvyšovania životnosti nástrojov na drvenie nežiadúcich nárastov naváraním. Samotné nástroje boli pred naváraním upravené dvoma spôsobmi, a to frézovaním a brúsením. Na takto upravené nástroje boli nanesené dva druhy prídavného materiálu naváraním. Následne bola zisťovaná tvrdosť podľa Rockwella a odolnosť voči abrazívnemu opotrebeniu podľa normy GOST 23.208-79 materiálu tela nástroja a prídavných návarových materiálov. Vhodnou voľbou predúpravy nástroja a prídavného materiálu je predpoklad zvýšenia životnosti nástrojov na drvenie nežiadúcich nárastov.

## 1 Úvod

Podstatná úloha v lesnom hospodárstve súvisí s pravidelným odstraňovaním nežiaducich drevinových nárastov, napr. v krajinných oblastiach určených pre pestovanie nových lesov, v oblastiach pri lesných cestách a najmä v oblastiach pod nadzemnými elektrickými vedeniami.

Nástroje, ktoré sa podieľajú na odstraňovaní nežiadúcich nárastov pracujú v heterogénnom prostredí. Toto prostredie je tvorené nie len drevnou hmotou, ale aj pôdou, v ktorej sa nachádzajú horniny a minerály s rôznou veľkosťou a nepravidelným tvarom. Vplyvom takéhoto pracovného prostredia dochádza k ich rýchlemu opotrebeniu. Toto vedie k častej výmene nástrojov, čo spôsobuje technické a ekonomické problémy spoločnostiam pracujúcich v lesnom hospodárstve. Trvalá požiadavka na predlžovanie životnosti pracovných nástrojov pracujúcich v lesnom hospodárstve predstavuje silný impulz pre hľadanie ekonomických a efektívnych materiálovo-technologických riešení smerujúcich k výraznému potlačeniu mechanickej degradácie funkčných plôch nástrojov [1].

Existuje niekoľko metód pre zvyšovanie životnosti nástrojov. Medzi veľmi účinné opatrenie pre zvýšenie životnosti nástrojov je prekrytie ich funkčných povrchov vhodným prídavným materiálom naváraním [2]. Naváranie je bežne používaná metóda na zlepšenie povrchových vlastností poľnohospodárskych nástrojov, komponentov pre banskú prevádzku, zariadení na prípravu pôdy a iných [3]. Zliatina sa homogénne na-

---

<sup>18</sup> Ing. Monika Vargová

Technická Univerzita vo Zvolene, Fakulta techniky, Katedra vyr. technológií a manažmentu kvality  
Študentská 26, 960 01 Zvolen, Slovenská republika  
tel.: +421 455 206 861, e-mail: monika.vargova@tuzvo.sk

<sup>19</sup> Ing. Tomáš Kuvik, PhD.

Technická Univerzita vo Zvolene, Fakulta techniky, Katedra environmentálnej a lesníckej techniky  
tel.: +421 45 520 6550, e-mail: t.kuvik14@gmail.com

<sup>20</sup> Ing. Ján Melicherčík, PhD.

tel.: +421 45 520 6553, e-mail: janmelichercik@gmail.com

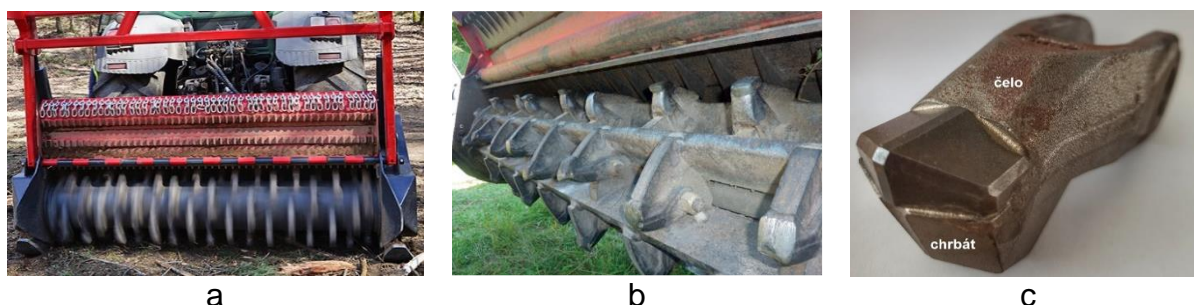


náša na povrch základného materiálu (zvyčajne nízkouhlíkových alebo stredne uhlíkových ocelí) naváraním za účelom zvýšenia tvrdosti a odolnosti proti opotrebovaniu bez výraznej straty ťažnosti a húževnatosti základného materiálu [2,3].

Výberom vhodného prídavného materiálu, ktorý by svojou štruktúrou dokázal lepšie odolávať vplyvom pracovného prostredia, je predpoklad zvýšenia životnosti nástrojov na drvenie nežiadúcich nárastov.

## 2 Materiál a metódy

Mulčovanie je mechanizovaný druh práce, pri ktorej sa ničia a drvia nadzemné časti vegetácie. Mulčovacie zariadenia sa používajú ako adaptéry, ktoré sa upínajú za lesný kolesový traktor (obr.1a). Hlavnou časťou konštrukcie adaptéra je rotačný valec s rýchlosťou  $n = 1\,000\text{ min}^{-1}$ , ktorý je pripevnený k bázovému stroju. Po obvode rotačného valca sú umiestnené nástroje (obr.1b) [4]. Na obr.1c môžeme vidieť nástroj s definovanými exponovanými plochami.



Obr.1 Mulčovacie zariadenie a nástroj [5, 6]  
a - bázový stroj s adaptérom; b - adaptér s nástrojmi; c - nástroj

Telo týchto nástrojov na drvenie nežiadúcich nárastov sa vyrába z materiálu 16MnCr5 [4]. Je to ušľachtilá konštrukčná mangán-chrómová oceľ k cementovaniu. Oceľ je dobre tváriteľná za tepla, po žíhaní na mätko i za studena, je dobre obrábatelná a zvariteľná. Vhodná pre strojné súčasti pre zušľachtenie do priemeru 35 mm, k cementovaniu s veľkou pevnosťou v jadre, napr. hriadele, ozubené kolesá, vačkové hriadele, zdviháky ventilov, piestne čapy a zubové spojky. Chemické zloženie ocele 16MnCr5 je v tab.1 [7].

Tab.1 Chemické zloženie ocele 16MnCr5

Prvok	C	Mn	Si	Cr	P	S	Fe
hm. (%)	0,14 - 0,19	1,10 - 1,40	0,17 - 0,37	0,80 - 1,10	max. 0,035	max. 0,035	zvyšok

Nástroje na drvenie nežiadúcich nárastov sú počas svojej práce vystavené vysokému opotrebovaniu. Časti nástroja, ktoré musia najviac odolávať opotrebovaniu sú chrbát a čelo nástroja. Práve na týchto plochách dochádza k rýchlemu úbytku materiálu vplyvom abrazívnych častíc. Z tohto dôvodu boli práve tieto plochy najskôr upravené, a to:

- frézovaním čelnou frézou s priemerom 20 mm,
- brúsením brúsnyimi kotúčmi  $h_1=1$  mm,  $h_2=2$  mm,  $h_3=4$  mm,  $h_4=8$  mm.

Na naváranie prídavných návarových materiálov bola použitá technológia ručného oblúkového navárania. Pri voľbe návarového materiálu sme vychádzali hlavne z typov opotrebení, ktorým je nástroj vystavený, ako aj na základe údajov získaných z literatúry [8, 9, 10]. Pre naváranie boli zvolené elektródy OK 84.58 a UTP 690.

Elektróda OK 84.58 je vysokovýťažková elektróda na naváranie funkčných plôch odolávajúcich opotrebeniu za súčasného namáhania rázmi s potrebnou čiastočnou koróznou odolnosťou, napr. častí poľnohospodárskych a lesníckych strojov, miešače, dopravné zariadenia a pod.. Po navarení vytvára martenzitickú štruktúru. Opracovanie návaru je možné brúsením. Dosahovaná tvrdosť návaru je 57 HRC [11]. Chemické zloženie elektródy OK 84.58 je v tab.2.

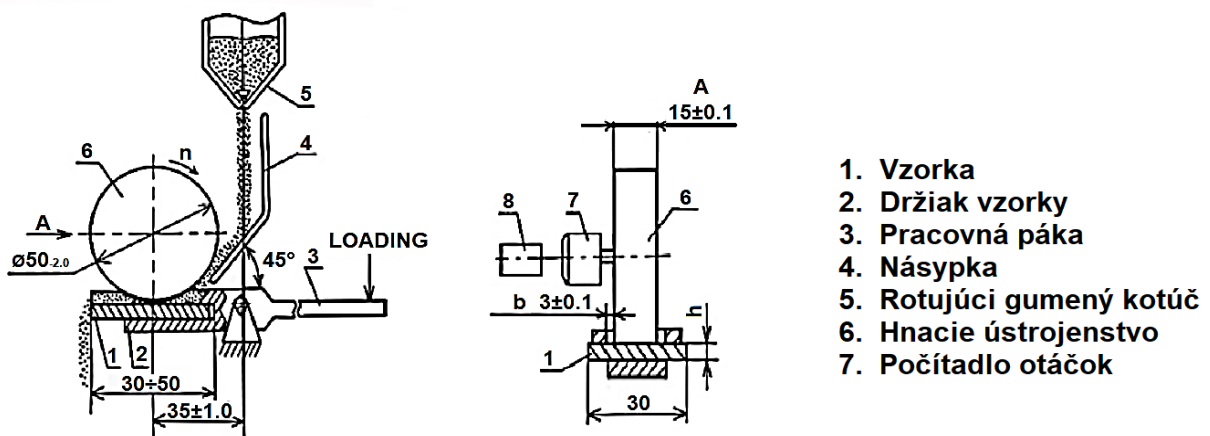
Elektróda UTP 690 sa používa sa na opravu a výrobu rezných nástrojov, najmä na obnovu rezných hrán a pracovných plôch. Návar je vysoko odolný proti treniu, stlačeniu a nárazom aj pri zvýšených teplotách až do 550°C. Pomocou tejto elektródy je možná aj výroba nových nástrojov naváraním na nelegované a nízkolegované základné ocele. Po navarení vytvára martenzitickú štruktúru. Dosahovaná tvrdosť návaru je 62 HRC [2, 10]. Chemické zloženie elektródy UTP 690 je v tab.2.

Tab.2 Chemické zloženie elektródy OK 84.58 a UTP 690 [10, 11]

Prvok	C	Si	Mn	Cr	Mo	V	W	Fe
<b>OK 84.58</b> hm. (%)	0,67	0,70	0,70	10,4	-	-	-	zvyšok
<b>UTP 690</b> hm. (%)	0,90	0,80	0,50	4,50	8,00	1,20	2,00	zvyšok

Skúška odolnosti voči abrazívnemu opotrebeniu bola vykonaná podľa ruskej normy GOST 23.208-79. Podstata metódy spočíva v porovnaní hmotnostného úbytku skúšaného materiálu a materiálu etalónu pri rovnakých skúšobných podmienkach. Ako abrazívny materiál sa používa elektrokorund s veľkosťou zrna 16-P podľa GOST 3647-80 s relatívnym obsahom vlhkosti najviac 0,15%. Jeho tvrdosť zodpovedá 9. stupňu podľa Mohsovej stupnici. Norma ďalej uvádza, že pri posudzovaní odolnosti proti opotrebeniu v špecifických podmienkach opotrebenia je povolené použiť abrazívny materiál zodpovedajúci materiálu, ktorý pôsobí počas prevádzky, ale s veľkosťou zrn najviac 1,0 mm [12].

Každé skúšobné teleso (etalón, skúšaná vzorka) sa pred testom odváži a vloží do testovacieho zariadenia. Následne sa spustí prívod abrazíva a gumený kotúč sa pritlačí o skúšobné teleso. Na obr.2 je znázornená schéma skúšobného zariadenia pre testovanie abrazívnej odolnosti materiálov so vzorkou.



Obr.2 Schéma skúšobného zariadenia

Po každom prejdennom cykle sa vzorka váži 3 krát na analytických váhach. Po prebehnutí nastavenej dráhy sa vzorka vyberie a znova odváži. Zo zistených hmotnostných úbytkov vzorky pri jednotlivých meraniach sa vypočíta aritmetický priemer  $W_{hi}$ .

Pomerná odolnosť proti abrazívnemu opotrebeniu  $\Psi_{hi}$  sa vypočíta zo vzťahu (1) [12]:

$$\Psi_h = \frac{W_{hE}}{W_{hPV}} \quad (-) \quad (1)$$

kde:  $W_{hE}$  - hmotnostný úbytok etalónu (g),

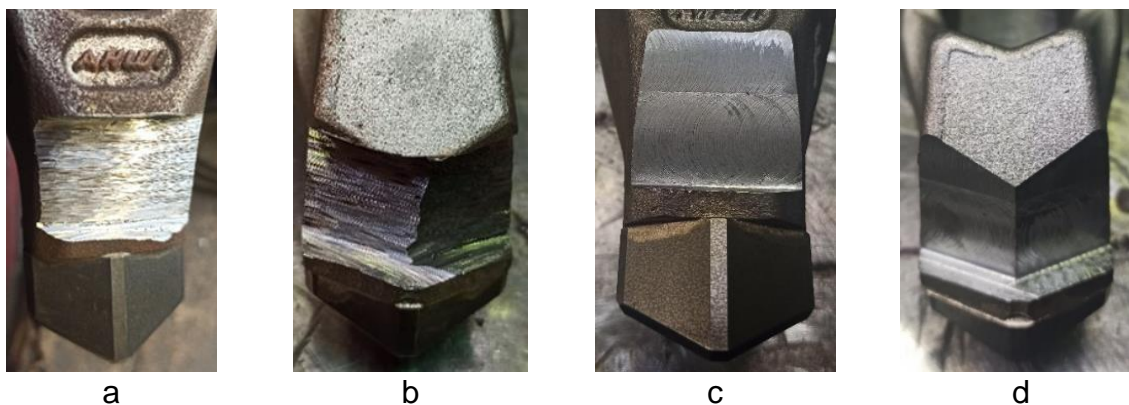
$W_{hPV}$  - hmotnostný úbytok porovnávacej vzorky (g).

Dĺžka trecej dráhy v jednom cykle bola  $R=153,6$  m, priemer gumeného kotúča  $D=48,9$  mm, prítlačná sila  $F=15,48$  N, počet otáčok v jednom cykle  $n=1000$  ot. Ako abrazívum bol použitý kremičitý piesok OTTAWA so zrnitosťou 0,1 mm.

### 3 Výsledky a diskusia

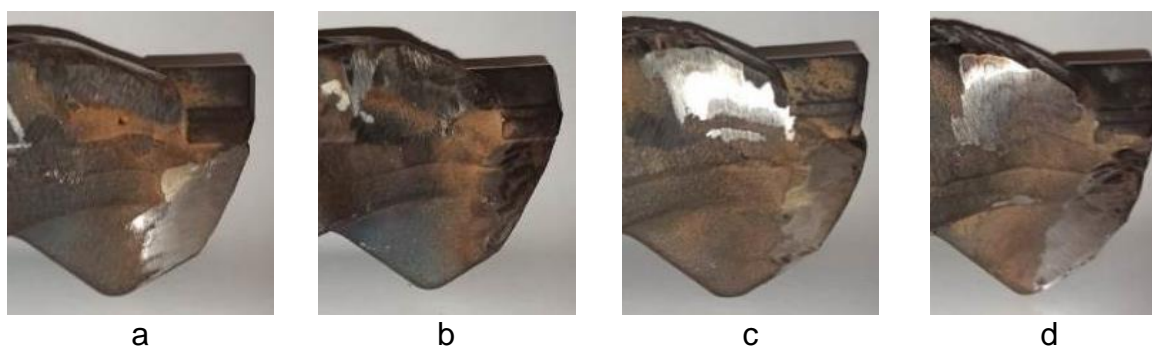
Plochy nástroja, ktoré najviac podliehajú opotrebeniu, boli upravené brúsením a frézovaním. Na úpravu plôch brúsením sa použili kotúče s hrúbkou 1 mm, 2 mm, 4 mm a 8 mm. Na úpravu plôch frézovaním bola použitá čelná fréza s priemerom 20 mm. Na čele nástroja sa brúsila a frézovala plocha s rozmermi 20 x 30 mm a na chrbtovej ploche sa brúsili a frézovali 2 plochy s rozmermi 20 x 15 mm kvôli zachovaniu tvaru nástroja. Hĺbka brúsenia a frézovania bola 5 mm.

Na obr.3a,b je nástroj s vybrúsenými plochami na čelnej (obr.3a) a chrbtovej ploche (obr.3b) nástroja. Na obr.3c,d je nástroj s vyfrézovanými plochami na čelnej (obr.3c) a chrbtovej ploche (obr.3d) nástroja.



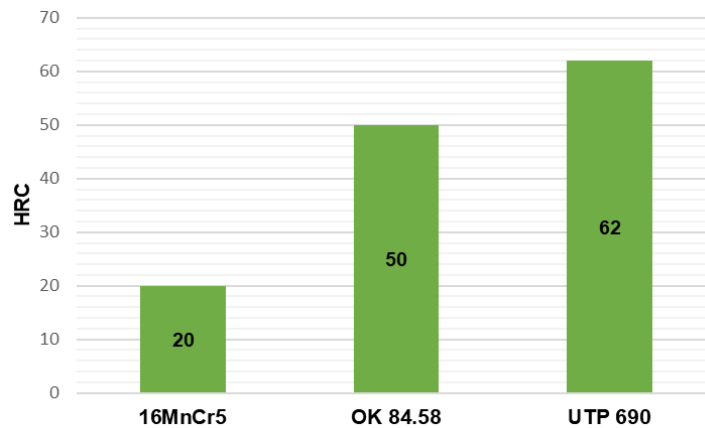
Obr.3 Upravené nástroje brúsením a frézovaním  
*a - brúsené čelo; b - brúsený chrbát; c - frézované čelo; d - frézovaný chrbát*

Naváranie sa uskutočnilo certifikovanými zväračmi vo firme ŽOS, a. s. Zvolen. Na vopred upravené plochy sa navarili dve vrstvy tvrdonávarového kovu. Pred naváraním sa musela elektróda OK 84.58 vysušiť pri teplote 200°C po dobu 2 hodín a elektróda UTP 690 pri teplote 300°C po dobu 2 hodín. Nástroj bol predhriaty na teplotu 230°C. Nastavený zvärací prúd bol  $I=105$  A. Počas navárania sa kontrolovala teplota nástroja, aby sa predišlo jeho prehriatiu, prípadne ochladeniu. Na obr.4 môžeme vidieť plochy, ktoré boli vopred upravené už s navarenými prídavnými materiálmi.



Obr.4 Upravené nástroje s navarenými prídavnými materiálmi  
*a - brúsený-OK 84.58; b - frézovaný-OK 84.58;*  
*c - brúsený-UTP 690; d - frézovaný-UTP 690*

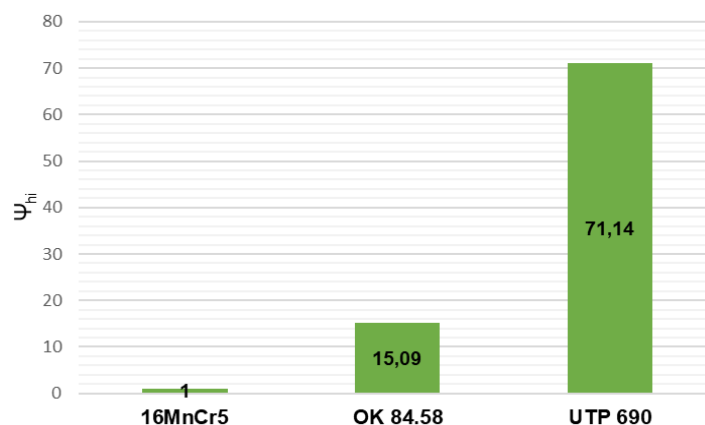
Následne bolo na odobratých vzorkách vykonané meranie tvrdosti podľa Rockwella podľa normy ISO 6508-1:2016. Na obr.5 môžeme vidieť graf s priemernými hodnotami tvrdostí materiálu tela nástroja 16MnCr5 a návarov OK 84.58 a UTP 690. Priemerná hodnota tvrdosti materiálu 16MnCr5 bola 20 HRC, čo je veľmi nízka tvrdosť. Úpravou nástrojov naváraním prídavných materiálov sme chceli dosiahnuť aj ich vyššiu tvrdosť. Návarový materiál OK 84.58 dosiahol priemernú tvrdosť 50 HRC. Najvyššiu tvrdosť však dosiahol návarový materiál UTP 690, a to až 62 HRC. Na základe týchto výsledkov môžeme predikovať, že práve návar UTP 690 by mohol najlepšie odolávať abrazívnemu opotrebeniu.



Obr.5 Tvrdosť podľa Rockwella

Ďalej sa vykonala skúška odolnosti voči abrazívnemu opotrebeniu podľa ruskej normy GOST 23.208-79. Pre túto skúšku boli zhotovené z každého skúšaného materiálu 3 vzorky. Po každom prejdenom cykle sa vzorka vážila 3 krát a priemerné hodnoty hmotností sa zapísali do tabuľky, aby sa zistil hmotnostný úbytok. Následne sa vypočítali priemerné hmotnostné úbytky  $Wh_i$ , z ktorých sa podľa vzťahu (1) vypočítala pomerná odolnosť voči abrazívnemu opotrebeniu  $\Psi_{hi}$ . Materiál tela nástroja 16MnCr5 bol použitý ako etalónová vzorka.

Na obr.6 môžeme vidieť porovnanie hodnôt pomernej odolnosti voči abrazívnemu opotrebeniu  $\Psi_{hi}$ . Návar UTP 690 dosiahol mnohonásobne vyššiu odolnosť voči abrazívnemu opotrebeniu v porovnaní s návarom OK 84.58. V grafe (obr.6) má materiál 16MnCr5 hodnotu 1, pretože bol použitý ako etalónová vzorka. Na základe týchto výsledkov môžeme konštatovať, že návar UTP 690 dokáže lepšie odolávať abrazívnemu opotrebeniu ako návar OK 84.58. V porovnaní s materiálom tela nástroja 16MnCr5 dosiahol návar OK 84.58 aj návar UTP 690 oveľa lepšie výsledky.



Obr.6 Pomerná odolnosť voči abrazívnemu opotrebeniu  $\Psi_{hi}$



## 4 Záver

Nástroje na drvenie nežiadúcich nárastov pracujú v heterogénnom prostredí. Toto prostredie je tvorené nie len drevnou hmotou, ale aj pôdou, v ktorej sa nachádzajú horniny a minerály, ktoré majú rôznu veľkosť a nepravidelný tvar. Vplyvom takéhoto pracovného prostredia dochádza k ich rýchlemu opotrebeniu. Toto vedie k častej výmene nástrojov, čo spôsobuje technické a ekonomické problémy spoločnostiam pracujúcich v lesnom hospodárstve. Cena jedného nového nástroja sa pohybuje okolo 80 až 85 €, preto je potrebné venovať pozornosť možnostiam zvyšovania životnosti týchto nástrojov.

Výberom vhodnej predúpravy nástroja a následným výberom vhodného návarového materiálu je predpoklad zvýšenia životnosti nástrojov na drvenie nežiadúcich nárastov. Návary OK 84.58 a UTP 690 dosiahli v porovnaní s materiálom tela nástroja 16MnCr5 omnoho lepšie výsledky. Nástroje budú po ďalších skúškach nasadené do prevádzky, aby sa zistilo, či dané úpravy na nástrojoch dokážu lepšie odolávať vplyvom pracovného prostredia v porovnaní s neupraveným nástrojom.

## Literatura

- [1] Kalincová, D., Ťavodová, M., Hnilicová, M., Veverková, D. Machinery for forest cultivation - Increase of resistance to abrasive wear of the tool. In MM Science Journal, 2016, 5, pp.1269–1272.
- [2] Müller, M. and Hrabě, P. Overlay materials used for increasing lifetime of machine parts working under conditions of intensive abrasion. In Research in Agricultural Engineering, 2013, 59(1), pp.16-22.
- [3] Buchely, M.F., Gutierrez, J.C., Leon, L.M. and Toro, A. The effect of microstructure on abrasive wear of hardfacing alloys. In Wear, 2005, 259(1-6), pp.52-61.
- [4] Ťavodová, M., Kalincová, D., Kotus, M. and Pavlík, Ľ. The possibility of increasing the wearing resistance of mulcher tools. In Acta technologica agriculturae, 2018, 21(2), pp.87-93.
- [5] Mulčovací zariadenie. [cit. 18.08.2022]. Dostupné na: <https://www.seppi.com/en/mulcher-mower-shredder-tiller-stump-grinder/forestry-mulchers/maxiforst.html>
- [6] Ťavodová, M., Džupon, M., Kalincová, D. and Hnilicová, M. Deformation of exposed tool parts for crushing of undesirable advance growth. In Acta Technologica Agriculturae, 2018, 21(4), pp.166-173.
- [7] Oceľ 16MnCr5. [cit. 18.08.2022]. Dostupné na: <https://www.jkz.cz/cs/produkty/konstrukcni-oceli/csn-14-220-17131-16mncr5/>
- [8] ESAB – príručka. [cit. 19.08.2022]. Dostupné na: <http://products.esab.com/ESABImages/prirucka%206%20vydani%202011.pdf>
- [9] ESAB – Katalóg prídavných materiálov. [online]. [cit. 19.08.2022]. Dostupné na: [http://www.lkweld.sk/fotky20893/kat.prid.mat/KATALOG\\_KOMPLET\\_SK.pdf](http://www.lkweld.sk/fotky20893/kat.prid.mat/KATALOG_KOMPLET_SK.pdf)
- [10] UTP 690. [cit. 19.08.2022]. Dostupné na: [https://www.zvarcentrum.sk/obchod\\_homedir/data/2616/prilohy/UTP%20690.pdf](https://www.zvarcentrum.sk/obchod_homedir/data/2616/prilohy/UTP%20690.pdf)

- [11] OK 84.58. [cit. 19.08.2022]. Dostupné na: <https://www.esab-slovakia.sk/sk/sk/products/filler-metals/repair-and-maintenance/hardfacing-alloys/ok-wearrode-55-hd.cfm>
- [12] GOST 23.208-79 Ensuring of wear resistance of products. Wear resistance testing of materials by friction against loosely fixed abrasive particles. [online]. [cit. 20.08.2022]. Dostupné na: <https://files.stroy-inf.ru/Data2/1/4294830/4294830975.htm>

# IDENTYFIKACJA SYNERGIZMU ODDZIAŁYWANIA CZYNNIKÓW ŚRODOWISKA KOPALNIANEGO W ASPEKCIE OGRANICZENIA ZUŻYCIA OGNIW ŁAŃCUCHOWYCH PRZENOŚNIKÓW ZGRZEBŁOWYCH

## IDENTIFICATION OF THE SYNERGISM OF THE IMPACT OF MINE ENVIRONMENT FACTORS IN THE ASPECT OF REDUCING THE WEAR OF CHAIN LINKS OF SCRAPER CONVEYORS

Mateusz WÓJCICKI, Instytut Techniki Górniczej KOMAG <sup>21</sup>

Poznámka: Text příspěvku zpracován dle dodané PowerPointové prezentace.

### 1 Zużywanie węzłów roboczych (wear of machine components)

Zespoły współpracujące maszyn roboczych ulegają ciągłemu procesowi niszczenia i zużycia się. Istnieje wiele czynników zewnętrznych powodujących i/lub wzmagających tempo zużycia się węzłów maszyn.

Najczęściej jako główne formy uszkodzeń układów technicznych wymienia się:

- fizyczny rozkład materiału (tzw. dekohezję),
- •deformacje plastyczne,
- •korozję,
- •zużycie tribologiczne.



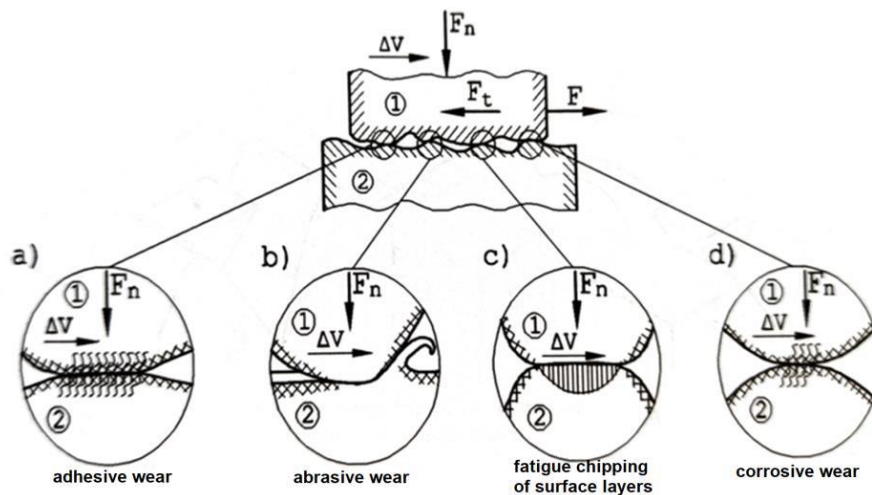
### 2 Zużycie tribologiczne (tribological wear)

Zużycie tribologiczne w literaturze definiowane jest jako rodzaj zużycia spowodowany procesami tarcia. W procesach związanych ze zużyciem tribologicznym następuje zmiana struktury i właściwości fizycznych wierzchnich warstw styku. Intensywność zużycia określać można jako funkcję wielu rodzajów oddziaływań a także odporności obszarów, których dotyczy tarcie warstw wierzchnich. Zużycie tribologiczne można wyznaczyć za pomocą kilku wielkości. Do najpopularniejszych należą analizy porównawcze objętości, masy czy niektórych wymiarów charakterystycznych dla danego zużycia (np w przypadku łańcuchów ogniowych

---

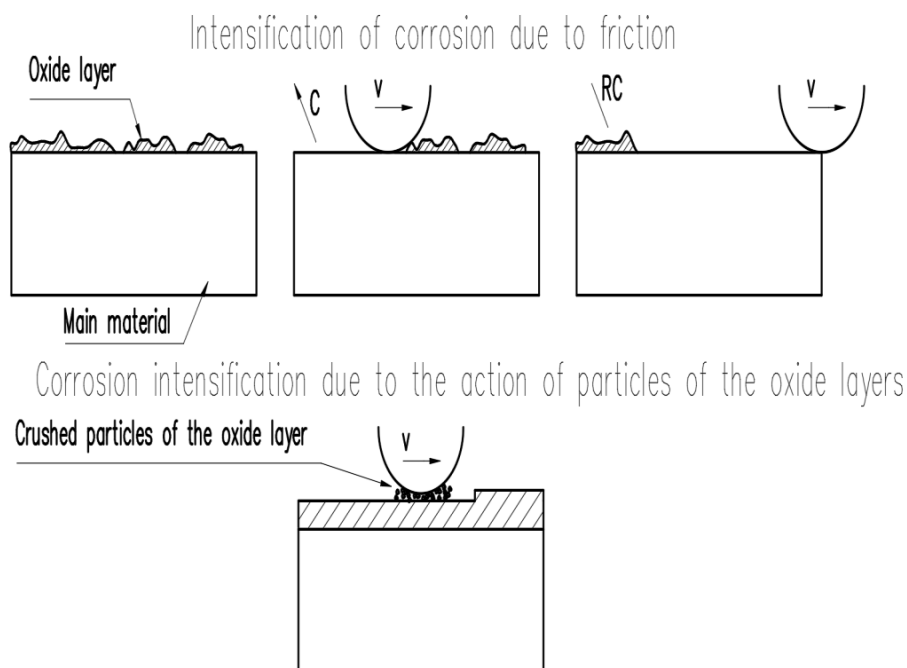
<sup>21</sup> Mgr inż. Mateusz Wójcicki  
Instytut Techniki Górniczej KOMAG  
ul. Pszczyńska 37, 44-101 Gliwice

może być to podziałka). Zużycie tribologiczne ma więc złożony charakter zarówno pod kątem mechanicznym, fizycznym a nawet chemicznym. W wielu przypadkach nie sposób wręcz określić wszystkich procesów niszczenia warstw ciernych a jedynie wyznaczyć ich dominujący charakter i procesy, które w pewnym stopniu to zużycie wspomagają.



### 3 Tribokorozja (Tribocorrosion)

Tribokorozja to proces zużywania wywołany jednoczesnym działaniem wymuszeń mechanicznych oraz czynników środowiska korozyjnego. Podczas jednoczesnego występowania procesów tarcowych i elektrochemicznych obserwuje się synergistyczny skutek działania obu procesów.

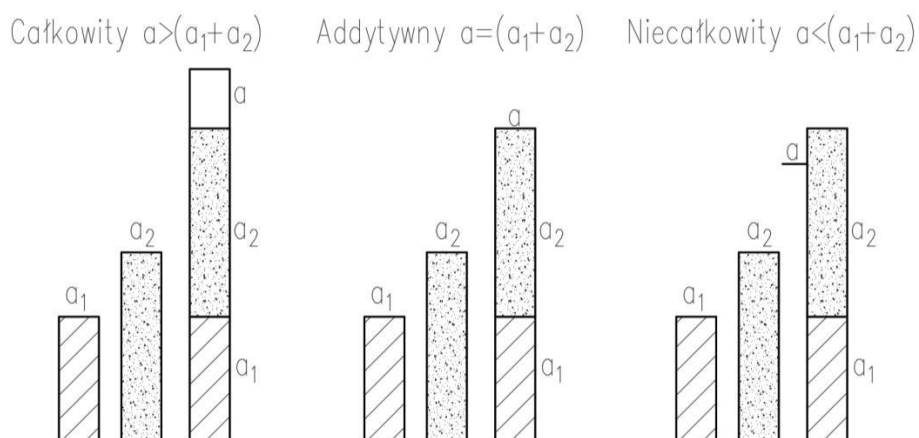


Efekt ten uwypukla się najbardziej dla materiałów wykazujących zdolność do pasywacji np stali. Istotą procesu jest usuwanie przez czynniki mechaniczne ochronnej warstwy pasywnych tlenków, co skutkuje odtworzeniem się w wyniku procesów elektrochemicznych nowej warstwy pasywnych tlenków na odsłoniętej powierzchni. Dodatkowym czynnikiem intensyfikującym zużywanie tribokorozyjne jest działanie ściernie twardych cząstek z usuwanych warstw tlenkowych. Procesy usuwania i odtwarzania warstw tlenkowych zachodzą cyklicznie wraz z każdorazowym działaniem czynnika mechanicznego.

#### 4 Synergizm (Synergy)

Synergizm w uogólnieniu można opisać jako wzmocnienie, uwypuklenie jakiegoś efektu powodowane przez dany czynnik, poprzez dołożenie dodatkowego czynnika gdzie efekt oddziaływania tych czynników jest większy niż ich pojedyncze oddziaływania.

W aspekcie zużywania się elementów maszyn o synergii można mówić wtedy, gdy pojawienie się dodatkowego czynnika mechanicznego lub korozyjnego wywołuje efekt zużycia większy od pojedynczego wpływu poszczególnych czynników.



#### 5 Cele pracy (purpose of project)

**Naukowe znaczenie projektu** (Scientific significance of the project):

- Na obecną chwilę problem zawarty w temacie projektu doktorskiego pozostaje niemal całkowicie nierozpoznany. W światowej literaturze przedmiotu nie występują, jak dotąd, informacje o prowadzeniu badań zużyciowych łańcuchów w aspekcie wzajemnego wpływu (synergii) czynników pogłębiających procesy ściernie i korozyjne.
- Wyniki badań planowanych w ramach projektu doktorskiego umożliwią poznanie kinetyki procesów zużycia oraz zmianę właściwości wytrzymałościowych ogniwo łańcucha w trakcie eksploatacji (w szczególności w obszarze przegubu łańcuchowego).
- Rezultatem pracy o charakterze naukowym będzie określenie właściwości użytkowych łańcuchów ogniwo w warunkach wieloczynnikowego oddziaływania środowiska pracy.



### Utylitarne znaczenie projektu (The utilitarian significance of the project):

- Identyfikacja synergii wieloczynnikowego zużycia pozwoli na uzyskanie wszechstronnej wiedzy z zakresu zużywania się elementów cięgnowych, która ułatwi opracowywanie innowacyjnych rozwiązań maszyn opartych o łańcuchy o zwiększonej trwałości eksploatacyjnej, zoptymalizowanych, pod panującymi warunkami środowiskowe.
- Tematyka projektu doktorskiego zakłada analizę i badania umożliwiające określenie perspektywicznych materiałów i technologii obróbczych pozwalających na wydłużenie żywotności przegubów łańcuchowych. Dużą nadzieję upatruje się tu w wykorzystaniu stali nanokrystalicznych oraz w nowoczesnych metodach utwardzania powierzchni. Ewentualne wprowadzenie wyżej wymienionych materiałów i technologii stanowiłoby znaczącą innowację co wykazała wstępna kwerenda tematu.

## 6 Harmonogram (Schedule)

Nr zadania <i>Task number</i>	Nazwa zadania nadrzędnego <i>The name of the task</i>	Nazwa i charakter (wdrożeniowy WDR lub naukowy NAU) zadania cząstkowego <i>Name and nature (implementation WDR or scientific NAU) of the sub-task</i>	Termin								
			1 rok		2 rok		3 rok		4 rok		
			Sem. I	Sem. II	Sem. III	Sem. IV	Sem. V	Sem. VI	Sem. VII	Sem. VIII	
1	Analiza istniejącej wiedzy z zakresu stanu techniki. <i>Analysis of the existing knowledge in the field of the state of the art.</i>	1.1. Analiza stanu wiedzy, z zakresu procesów związanych ze zużywaniem łańcuchów w procesie ich eksploatacji. (NAU)									
		1.2. Analiza kryteriów dopuszczenia ogniw do dalszej pracy. (WDR)									
		1.3. Sformułowanie problemu badawczego i hipotezy roboczej pracy doktorskiej. (NAU)									
2	Identyfikacja czynników środowiskowych wpływających na zużycie łańcuchów ogniowych <i>Identification of environmental factors influencing the wear of link chains</i>	2.1. Identyfikacja czynników składowych systemu tribologicznego dla celów projektowych. (NAU)									
		2.2. Określenie składu mineralnego transportowanego urobku. (WDR)									
		2.3. Określenie składu chemicznego wody przedostającej się do urobku. (WDR)									
		2.4. Określenie nominalnego obciążenia łańcuchów przenośnika oraz charakterystyka materiałów i technologii stosowanych w budowie łańcuchów ogniowych. (NAU)									
		2.5. Sformułowanie ostatecznej hipotezy pracy doktorskiej. (NAU)									
3	Określenie sił dynamicznych występujących w łańcuchu. <i>Determination of the dynamic forces occurring in the chain.</i>	3.1. Budowa stanowiska do określenia sił dynamicznych podczas ustalonej pracy przenośnika. (NAU)									
		3.2. Badania obciążeń dynamicznych łańcucha podczas ustalonej pracy przenośnika. (NAU)									

Nr zadania Task number	Nazwa zadania nadrzędnego The name of the task	Nazwa i charakter (wdrożeńowy WDR lub naukowy NAU) zadania cząstkowego Name and nature (implementation WDR or scientific NAU) of the sub-task	Termin										
			1 rok		2 rok		3 rok		4 rok				
			Sem. I	Sem. II	Sem. III	Sem. IV	Sem. V	Sem. VI	Sem. VII	Sem. VIII			
4	Projekt stanowiska badawczego synergizmu zużywania ogniw łańcuchowych Design of a research stand for the synergism of chain link wear	4.1. Obliczenia wytrzymałościowe stanowiska badawczego. (WDR)											
		4.2. Modelowanie 3D stanowiska badawczego do badań zużycia ogniw łańcuchowych w układzie oddziaływania wieloczynnikowego (z zachowaniem podobieństwa do warunków rzeczywistej eksploatacji przenośników zgrzeblowych). (WDR)											
		4.3. Wykonanie płaskiej dokumentacji technicznej stanowiska badawczego. (WDR)											
5	Budowa i testy stanowiska badawczego. Construction and testing of a test stand.	5.1. Budowa stanowiska badawczego do badań zużycia ogniw łańcuchowych w układzie oddziaływania wieloczynnikowego. (NAU)											
		5.2. Weryfikacja i testy stanowiska oraz wprowadzenie ewentualnych korekt. (NAU)											
6	Laboratoryjne i stanowiskowe badania zużyciowe. Laboratory and bench wear tests.	6.1. Badań laboratoryjnych w zakresie wyznaczenia szybkości zużycia korozyjnego i tribokorozyjnego materiałów już stosowanych w budowie łańcuchów oraz określenie zestawu stali, które będą poddane testom. (NAU)											
		6.2. Badania stanowiskowe rozpatrywanych materiałów w warunkach skojarzonego i nieskojarzonego oddziaływania czynników środowiskowych. (WDR)											

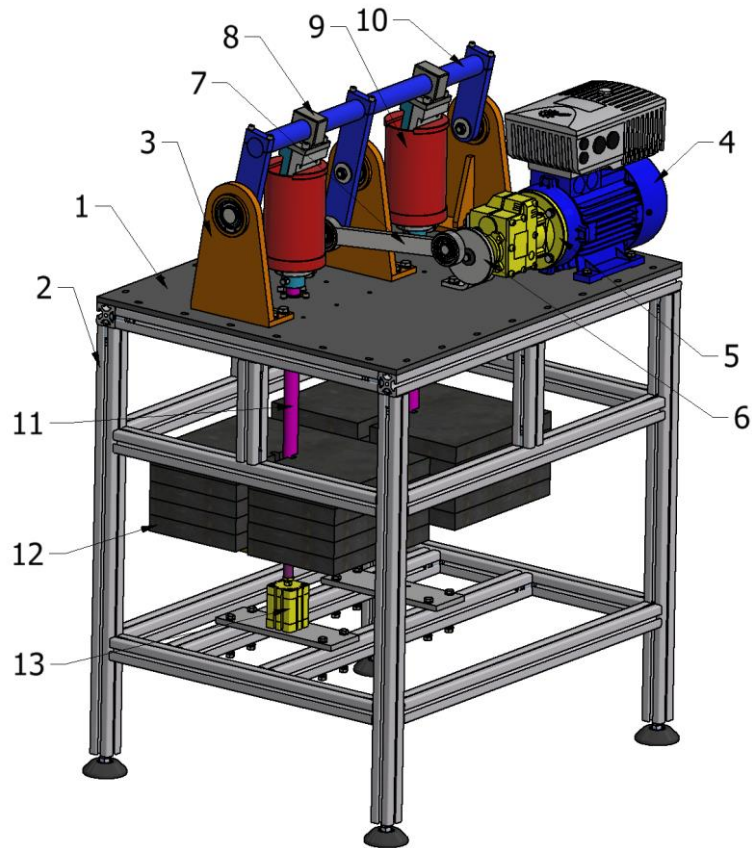
Nr zadania Task number	Nazwa zadania nadrzędnego The name of the task	Nazwa i charakter (wdrożeńowy WDR lub naukowy NAU) zadania cząstkowego Name and nature (implementation WDR or scientific NAU) of the sub-task	Termin										
			1 rok		2 rok		3 rok		4 rok				
			Sem. I	Sem. II	Sem. III	Sem. IV	Sem. V	Sem. VI	Sem. VII	Sem. VIII			
		6.3 Identyfikacja mechanizmów uszkodzeń powierzchni badanych próbek. (WDR)											
		6.4. Określenie wytrzymałości resztkowej łańcucha po testach tribologicznych i porównanie z wynikami symulacji numerycznych. (WDR)											
7	Badania perspektywicznych materiałów i technologii. Tests on prospective materials and technologies.	7.1 Badania właściwości przeciwzużyciowych perspektywicznych stali nanokrystalicznych (badania laboratoryjne i stanowiskowe). (WDR)											
		7.2 Badania właściwości przeciwzużyciowych materiałów konwencjonalnych poddanych innowacyjnym metodom utwardzania warstwy wierzchniej w aspekcie ich zastosowania w budowie ogniw łańcuchowych (badania laboratoryjne i stanowiskowe). (WDR)											
8	Model zużycia wieloczynnikowego zużywania w obszarze przegubów ogniw łańcuchowych. Model of multi-factor wear in the area of joints of chain links.	8.1. Opracowanie modelu synergii wieloczynnikowego procesu zużycia w obszarze przegubów ogniw łańcuchowych. (WDR)											
9	Opracowanie wniosków.	9.1. Opracowanie wniosków ogólnych i szczegółowych i ewentualne udowodnienie przyjętej hipotezy badawczej. (NAU)											

## 7 Zadania zrealizowane do chwili obecnej (Tasks completed so far)

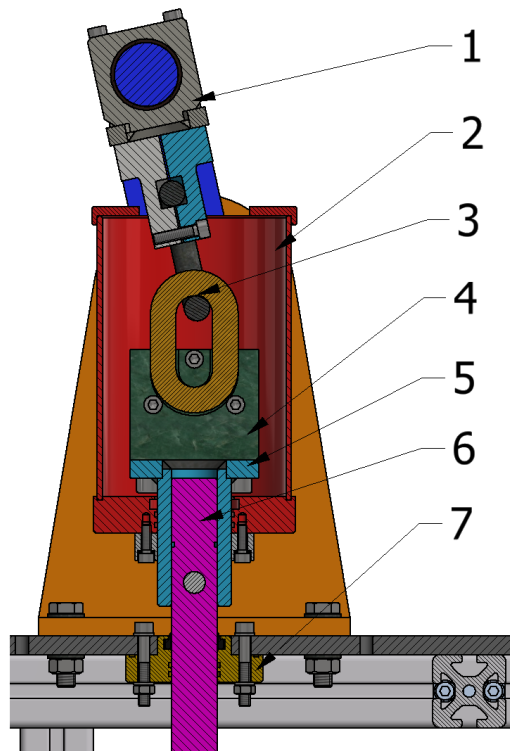
„Analiza możliwości opracowania systemu badawczego zużywania łańcuchów z uwzględnieniem synergii oddziaływania wielu czynników ze szczególnym uwzględnieniem wpływu czynników środowiskowych.”

- 1) Przegląd zagadnień literaturowych.
- 2) Opracowanie koncepcji stanowiska badawczego.
- 3) Badania sił dynamicznych.
- 4) Identyfikacja czynników środowiskowych

## 8 Koncepcja stanowiska badawczego (Development of the concept of the test stand)



Opisanie: 1 - blat stołu (table top), 2 - rama stołu (table frame), 3 - podstawa (stands), 4 - silnik z falownikiem (electric motor with inverter), 5 - reduktor (reducer), 6 - mimośród (eccentricity crank), 7 - łącznik (connector), 8 - uchwyt górnego ogniwa (upper link holder), 9 - zbiornik ścierniwa (container for abrasive), 10 - ramię wahacza (rocker arm), 11 - pręt obciążnikowy (load bar), 12 - obciążniki (weights), 13 - siłownik pneumatyczny (pneumatic cylinder)



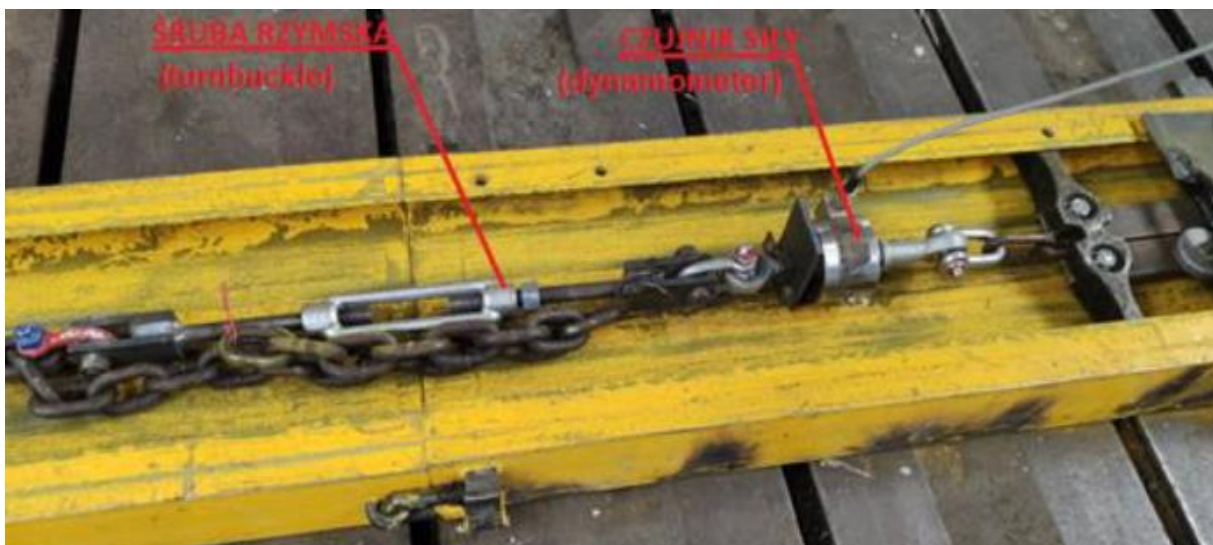
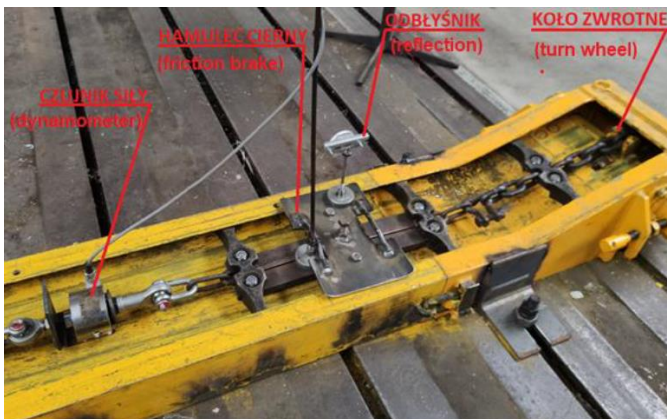
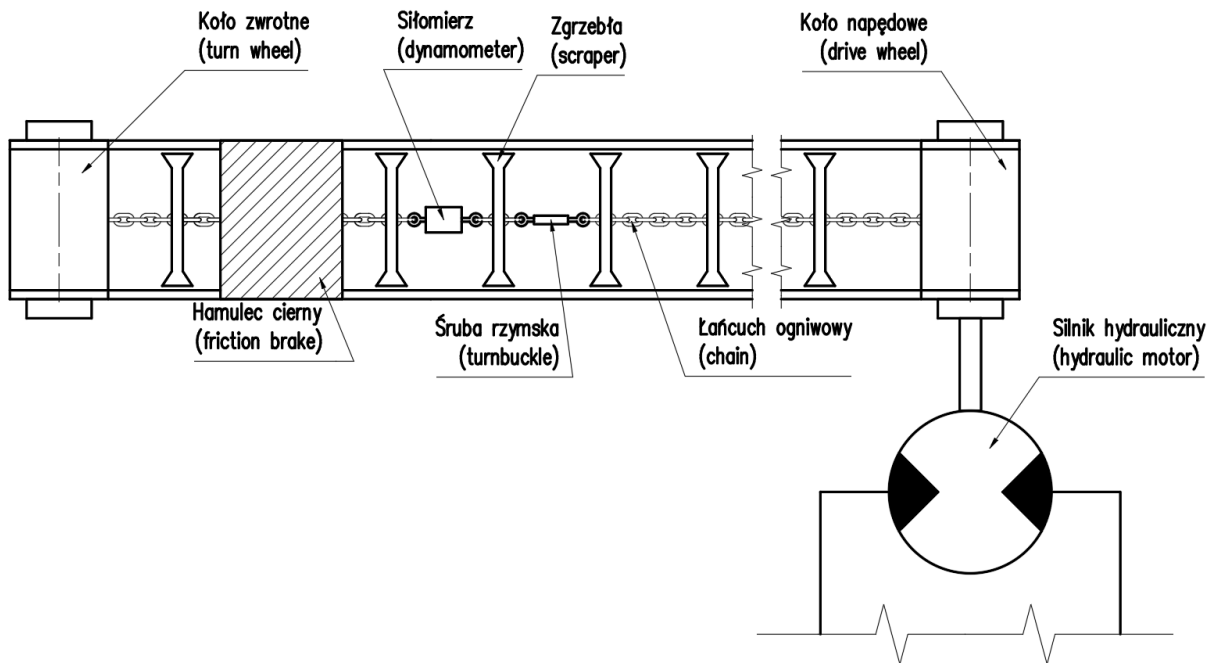
Opisane: 1 - uchwyt górnego ogniwa (upper link holder), 2 - zbiornik ścierniwa (tank for abrasive), 3 - punkt współpracy (cooperation point between links), 4 - uchwyt dolnego ogniwa (bottom link holder), 5 - pierścień uszczelniający (sealing ring), 6 - pręt obciążnikowy (loading rod), 7 - tuleja prowadząca (guiding sleeve)

### 9 Model mechanizmu roboczego (Working mechanism 3D model)

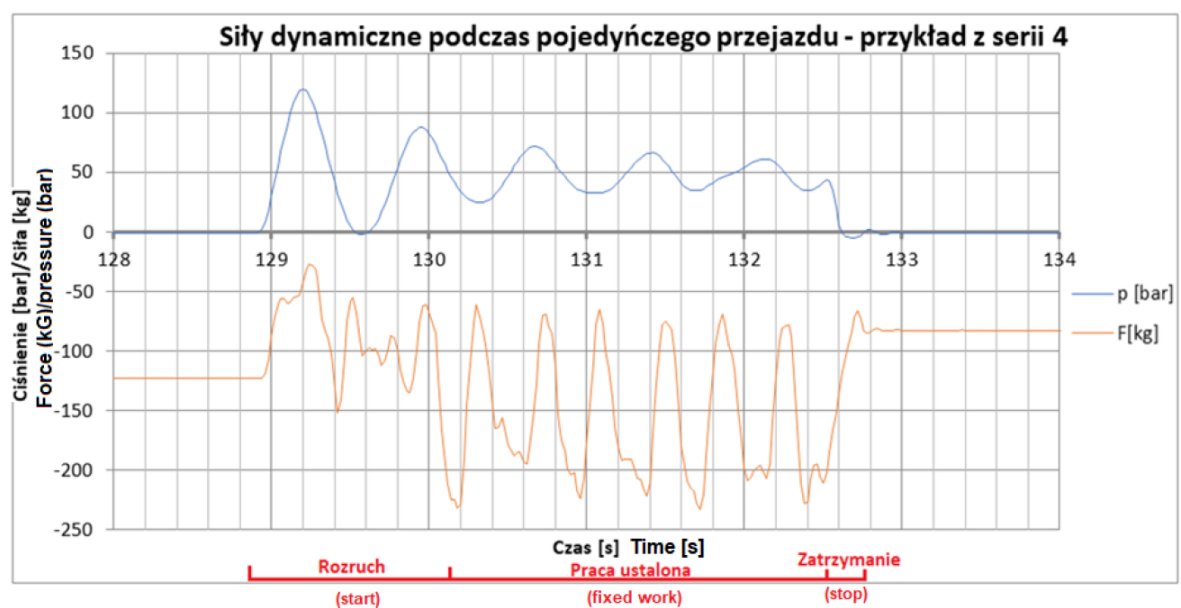
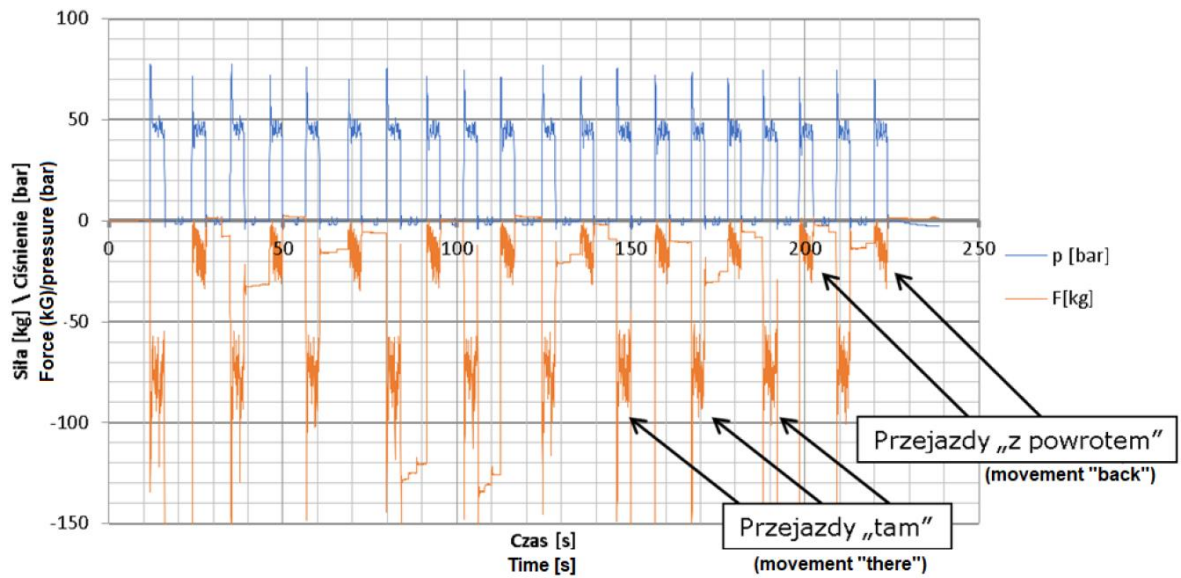




## 10 Badania sił dynamicznych (Testing the dynamic forces)







## 11 Podsumowanie (Summary)

Celem naukowym projektu doktorskiego będzie pozyskanie specjalistycznej wiedzy z zakresu synergizmu oddziaływania różnorodnych czynników środowiska kopalnianego w aspekcie zużywania się przegubów ogniw łańcucha ogniowego na przykładzie przenośnika zgrzeblowego.

Związane jest to z następującymi zagadnieniami:

- analizą stanu wiedzy z zakresu procesów związanych ze zużywaniem łańcuchów w procesie ich eksploatacji oraz kryteriów dopuszczenia ogniw do dalszej pracy,
- identyfikacją czynników środowiskowych wpływających na zużywanie łańcuchów i określeniem sił dynamicznych występujących w łańcuchu,
- opracowaniem projektu i budową stanowiska badawczego synergizmu zużywania ogniw łańcuchowych,
- przeprowadzeniem laboratoryjnych i stanowiskowych badań zużyciowych,
- badaniami materiałów perspektywicznych i materiałów konwencjonalnych poddanych innowacyjnym metodom obróbczym.

The scientific objective of the doctoral project will be to acquire specialist knowledge in the field of synergism of the impact of various factors of the mine environment in the aspect of wear of link chain, based on the example of a scraper conveyor.

It is related to the following issues:

- analysis of the state of knowledge in the field of processes related to the wear of chains in the process of their operation and the criteria for accepting the links for further operation,
- identification of environmental factors affecting chain wear and determination of dynamic forces in the chain,
- development of a project and construction of a research stand for synergism of chain link wear,
- laboratory and bench wear tests,
- testing the perspective materials and conventional materials subjected to innovative processing methods.

## Literatura

- [1] Wieczorek A.N. Badania skojarzonego oddziaływania górniczych czynników środowiskowych na degradację powierzchni bębnowych chodnikowych przenośników zgrzeblowych. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej; Gliwice 2018; ISBN978-83-7880-571-7
- [2] Wieczorek A.N. Doświadczalne badania łącznego wpływu czynników korozyjnych i ścierniwa kwarcowego na prognozowaną trwałość kół łańcuchowych przenośników ze stali 34CRNIMO. 6/2016 AUTOBUSY 1215 Eksploatacja i testy.
- [3] Celis J. P. and P. Ponthiaux. Testing tribo-oxidation of passivating materials supporting research and industrial innovation. European Federation Corrosion by Maney Publishing; 2011

- [4] Burakowski T. Rozważania o synergizmie w inżynierii powierzchni.; Wydawnictwo Politechniki Radomskiej; Radom 2004
- [5] Dolipski M., Remiorz E. and P. Sobota. Determination of dynamic loads of sprocket drum teeth and seats using mathematical model of a scraper conveyor. Archives of Mining Sciences 2012, volume 57 issue 4
- [6] Remiorz E. and S. Mięka. Podstawowe formy degradacji własności użytkowych łańcuchów ogniowych górniczych stosowanych w maszynach ścianowych” Maszyny Górnicze (Mining Machines) 3(151)2017; wyd. ITG KOMAG; ISSN 2450-9442
- [7] Mięka S. Trwałość zmęczeniowa cięgien łańcuchowych górniczych maszyn urabiających i transportowych. Práce Badawcze CMG Komag, Gliwice 1978
- [8] <https://docplayer.pl/51171179-Wyklad-x-dekohezja-jerzy-lis-wydzial-inzynierii-materialowej-i-ceramiki-katedraceramiki-i-materialow-ogniotrwalych.html>
- [9] <https://www.jax.com.pl/PL-H104/1/12/wszechobecna-korozja---czym-jest-rdza.html>

Autor:	Kolektiv autorů
Katedra, institut:	340 - Katedra konstruování
Název:	PREZENTACE DOKTORANDŮ KATEDRY 340/2022 sborník prezentací semináře doktorandů katedry
Místo, rok, vydání:	Ostrava, 2022, 1. vydání
Počet stran:	152
Vydala:	Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava 17. listopadu 2172/15 708 00 Ostrava - Poruba
Tisk:	online Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava
Náklad:	-
	Neprodejné