



EcoBEAD

Monitorovanie projektu k 6. 10. 2023

Peter Duchovič

VIPO a. s.

21.12.2023

ECOBEBAD – Aktivity a mílniky projektu

1. Konceptuálny návrh unifikovaného radu zariadení na výrobu pätkových lán automobilových plášťov

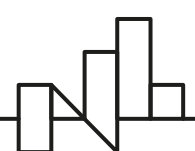
1. Analytická štúdia identifikujúca rozdiely a podobnosti jednotlivých typov zariadení na navíjanie pätkových lán (04/22 – 09/22)
2. Konceptuálny návrh konštrukčného riešenia škálovateľného systému na navíjanie pätkových lán (10/22 – 09/23)
3. Konštrukčné riešenie unifikovaného systému kompenzačného zásobníka drôtu (04/23 – 03/24)
4. Konštrukčné riešenie komplexného systému riadenia technologického procesu navíjania pätkových lán (04/23 – 03/24)

2. Návrh energeticky efektívneho a technicky zdokonaleného systému na pogumovanie drôtu

1. Modely toku gumovej zmesi (04/22 – 09/23)
2. Optimalizovaná pogumovacia hlava (04/23 – 03/24)
3. Prototyp pogumovacieho systému s dodatočným prostriedkom na podporu generovania tlaku a zvýšenie rovnomernosti toku gumovej zmesi (04/23 – 03/24)
4. Riadiaci systém pogumovacieho modulu (04/23 – 03/24)

3. Implementácia princípov Industry 4.0 a prostriedkov rozšírenej a virtuálnej reality

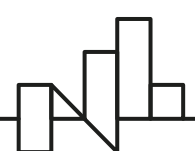
1. Systém stavového monitoringu (04/22 – 03/23)
2. Analytické a predikčné nástroje a analýzu a interpretáciu dát získaných stavovým monitoringom (04/22 – 12/23)
3. Nástroje na integráciu a vizualizáciu dát (04/22 – 12/23)
4. Podporné nástroje s implementáciou rozšírenej a virtuálnej reality (04/22 – 03/24)



ECOBead – realizované činnosti

Aktivita 1: Konceptuálny návrh unifikovaného radu zariadení na výrobu pätkových lán automobilových plášťov

- Vykonala sa analýza konštrukčných riešení jednotlivých modulov existujúcich liniek na navíjanie pätkových lán
- Bol dosiahnutý míľnik „Analytická štúdia“ (Analytical study)
- Práce na realizácii míľníka „Škálovateľné navíjacie systémy“ (Scalable winding systems) pokročili do záverečného štádia
- Prebiehali práce na realizácii míľníkov „Vyrovnávací systém drôtu“ (Wire accommodating system) a „Riadiaci systém navíjania pätkových lán“ (Bead winding control system) vytvorením konceptuálnych návrhov škálovateľných systémov odvíjacích staníc drôtu, motormi ovládaných odťahových modulov a systémov vyrovnávacieho zásobníka pogumovaného drôtu a alternatívnych modulov pre vyberanie hotových pätkových lán z navíjacej linky a na ďalšiu manipuláciu s vyrobenými lanami
- Bol zostavený virtuálny model zariadenia na súčasné navíjanie ôsmich jednodrôtových pätkových lán
- Bola vykonaná pevnostná analýza hriadeľa s formou navíjacieho modulu linky na výrobu ôsmich jednodrôtových pätkových lán
- Bola spracovaná analýza spotreby energie jednotlivých pohonov navíjacej linky
- Boli vyvíjané štandardizované riadiace bloky a hardvérové moduly navíjacej linky



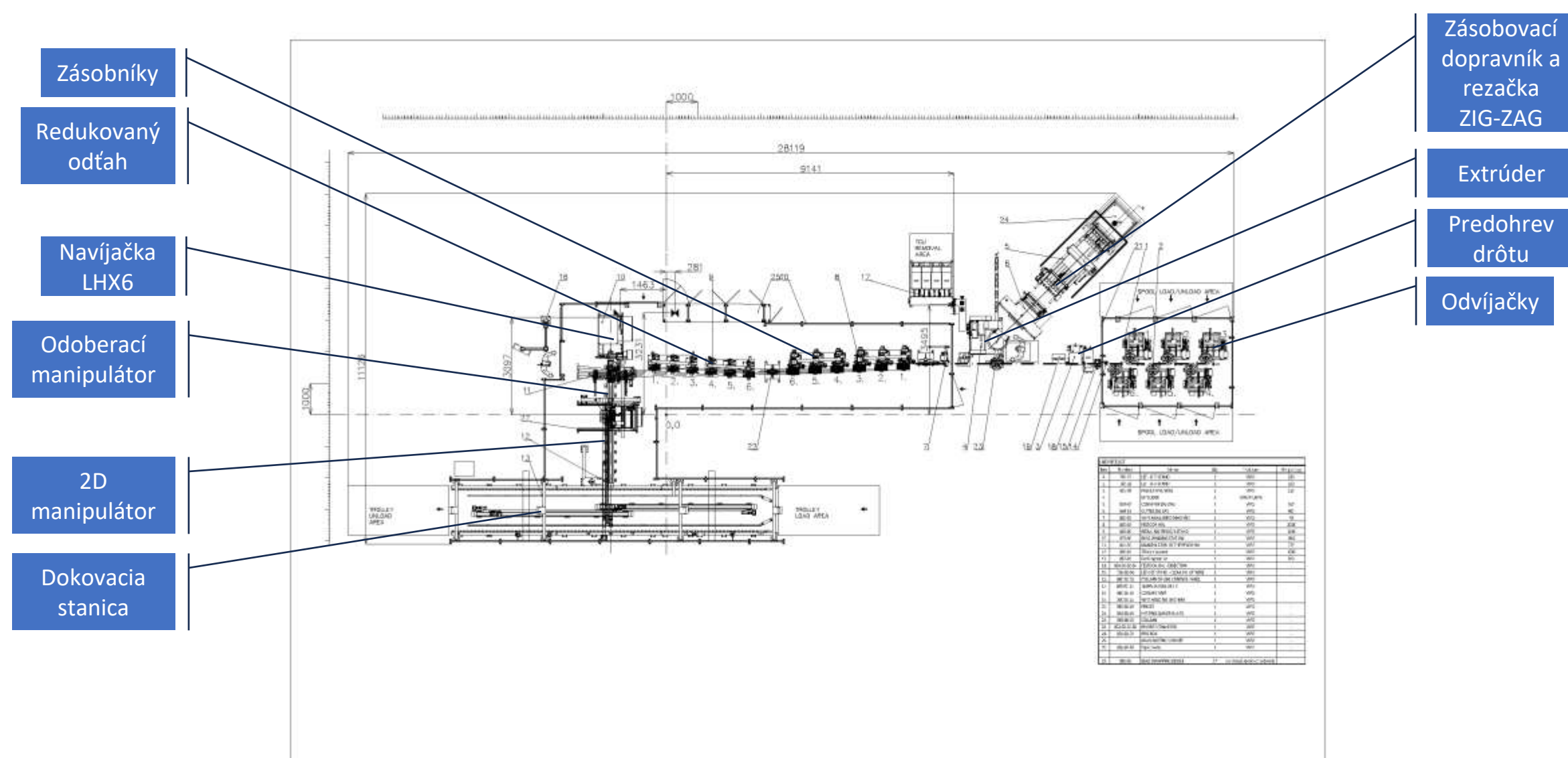
ECOBEAD – dosiahnuté výsledky

Aktivita 1: Konceptuálny návrh unifikovaného radu zariadení na výrobu päťkových lán automobilových plášťov

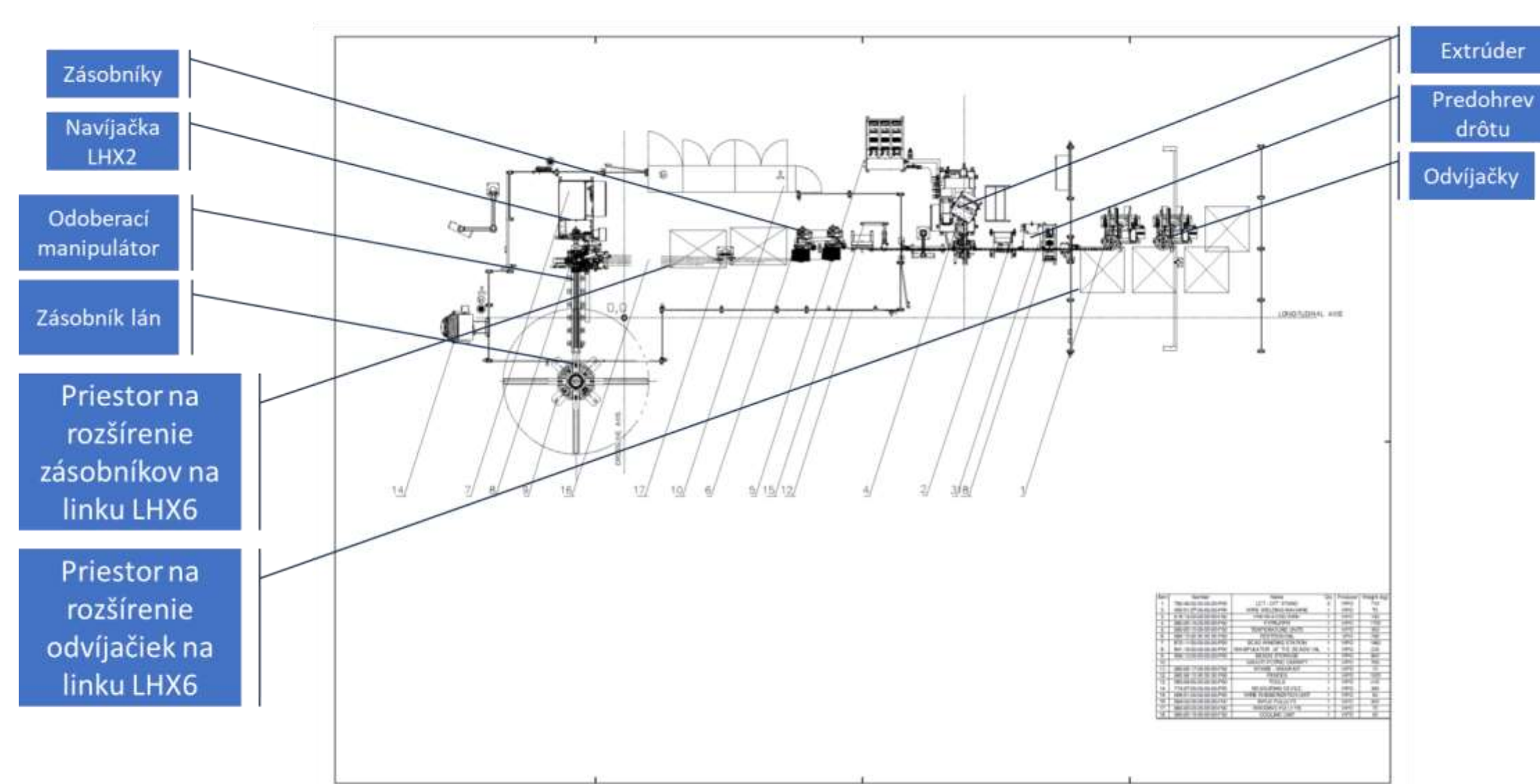
Realizácia míľnika „Škálovateľné navíjacie systémy“

Konštrukčné riešenia linky na súčasné navíjanie 6 päťkových lán bolo prepracované do modulárnych blokov, ktoré predstavujú základ pre konštrukciu liniek na súčasné navíjanie 2, 4, 6 a 8 päťkových lán

Usporiadanie linky LHX-6



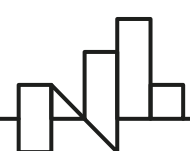
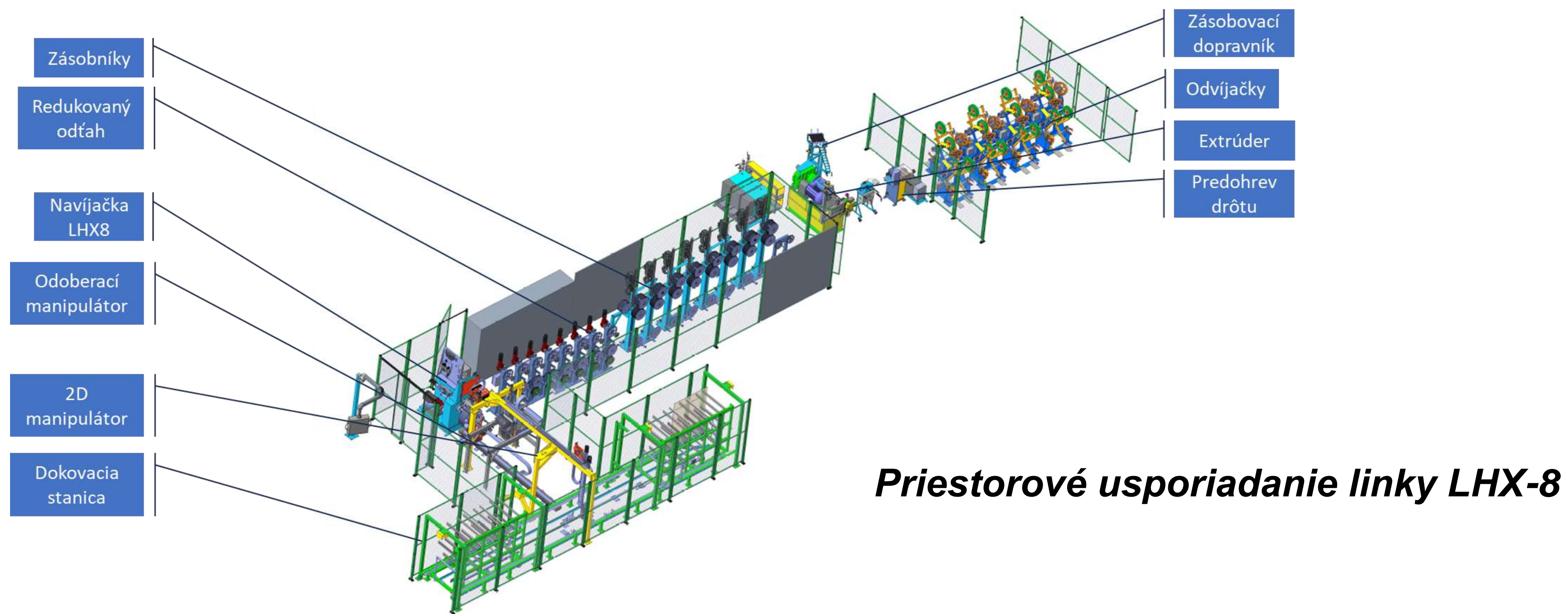
Usporiadanie linky LHX-2



ECOBead – dosiahnuté výsledky

Aktivita 1: Konceptuálny návrh unifikovaného radu zariadení na výrobu päťkových lán automobilových plášťov

Realizácia míľnika „Škálovateľné navíjacie systémy“

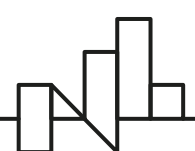


ECOBEBAD – dosiahnuté výsledky

Aktivita 1: Konceptuálny návrh unifikovaného radu zariadení na výrobu pätkových lán automobilových plášťov

Realizácia míľnika: „Konštrukčné riešenie komplexného systému riadenia procesu navíjania pätkových lán“

- ***Na zariadení na výrobu 6 pätkových lán v jednom cykle sa vykonávali merania hodnôt prúdu, krútiaceho momentu rýchlosti a ďalších technologických parametrov pohonov jednotlivých modulov***
- ***Analýza získaných dát identifikovala predimenzované a poddimenzované pohony***
- ***Predimenzované pohony:***
 - *navíjací modul – 9 kW*
 - *vstupná jednotka drôtu – 4,5 kW*
 - *otváranie formy – 3k W*
 - *ramená manipulátora – 3 kW*
 - *pojzd manipulátora – 4,5 kW*
- ***Optimalizáciou dimenzovania týchto servopohonov bude možné znížiť súčasný elektrický príkon o 50 – 60%***
- ***Poddimenzované pohony:***
 - *kompensátor nulového ťahu drôtu*
 - *zásobníky odťahu pogumovaného drôtu*
- ***Po optimalizácii všetkých pohonov linky by mala úspora elektrickej energie predstavovať v 20 – 30% súčasnej spotreby***

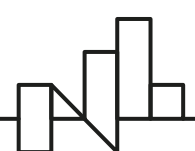


ECOBEBAD – dosiahnuté výsledky

Aktivita 1: Konceptuálny návrh unifikovaného radu zariadení na výrobu pätkových lán automobilových plášťov

Realizácia míľnika: „Konštrukčné riešenie komplexného systému riadenia procesu navíjania pätkových lán“

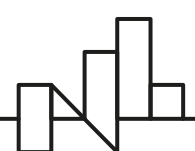
- ***Boli vyvíjané štandardizované riadiace bloky a hardvérové moduly navíjacej linky pre ovládanie:***
 - *vstupno / výstupných binárnych a analógových signálov*
 - *magnetických cievok pneumatických valcov rôznych variácií použitých snímačov*
 - *frekvenčných meničov asynchrónnych motorov*
 - *frekvenčných meničov servomotorov riadenia jednoduchého polohovania*
 - *technologických procesov regulácie PID pre extrúder*
 - *technologických vačiek pre navíjanie pätkových lán*
 - *výpočtov potrebných pre navíjacie zariadenia a výpočty rýchlosti odťahových častí linky*
- ***Uvedené štandardizované bloky boli zoskupené v knižnici vytvorenej v programových prostrediach Siemens TIA Portal a Rockwell Automation Logix Studio 5000.***



ECOBEBAD – realizované činnosti

Aktivita 2: Návrh energeticky efektívneho a technicky zdokonaleného systému na pogumovanie drôtu

- Vykonali sa analýzy vzťahov medzi hrúbkou nánosu gummy, rýchlosťou drôtu a dĺžke pogumovacích prievlakov
- Vykonali sa testy vplyvu povrchovej úpravy drôtu na adhéziu gumovej vrstvy na povrch drôtu
- Boli podstatne rozšírené funkcionality softvéru na simulácie toku gumovej zmesi, čo umožňuje pracovať i so zložitými geometriami štruktúrovaných mriežok konečných prvkov
- Existujúce výpočtové prostredie softvéru na simulácie toku gumovej zmesi bolo prepracované tak, aby umožnilo realizovať extrémne náročné výpočtové projekty
- Uživatelské rozhranie softvéru na simulácie toku gumovej zmesi bolo rozšírené o užívateľom editovateľné dokovacie panely, na riadenie grafických modulov sa využili rýchle shadere v jazyku OpenGL umožňujúce rýchle prekresľovanie dynamických situácií s veľkým počtom prvkov.
- Bolo objednané zubové čerpadlo konkrétneho typu a bola získaná jeho 3D dokumentácia
- Podľa dodanej 3D dokumentácie zubového čerpadla začali simulácie toku gumovej zmesi celým pogumovacím systémom
- Na základe dodatočných analýz viacerých typov gumových zmesí bol vytvorený rozšírený model elongačného toku gumovej zmesi
- Bola vytvorená úplná technická dokumentácia systému mechanického prepojenia jednotlivých komponentov pogumovacieho systému
- Pomocou mikroskopu KEYENCE VHX-7000N a laserového prvkového analyzátoru KEYENCE EA-300 bola vykonaná optická a prvková analýza pogumovacích prievlakov z linky na súčasnú výrobu šiestich jednodrôtových pätkových lán, ktoré zákazník reklamoval ako chybné

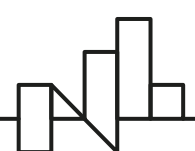


ECOBEBAD – dosiahnuté výsledky

Aktivita 2: Návrh energeticky efektívneho a technicky zdokonaleného systému na pogumovanie drôtu

Realizácia míľníka „Modely toku gumovej zmesi“ (04/22 – 09/23)

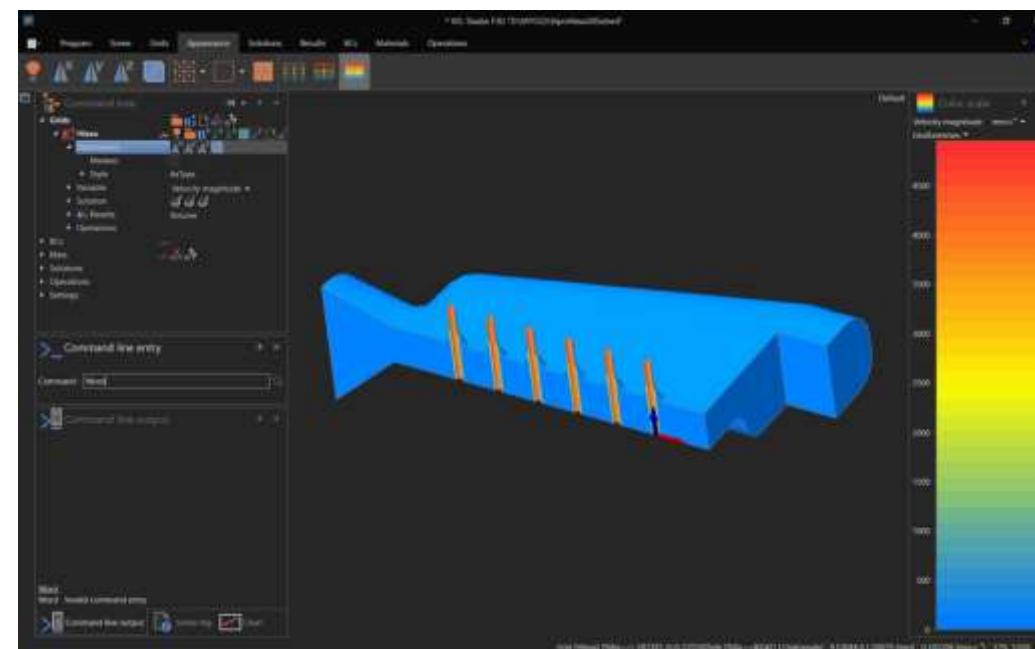
- ***Výskumné aktivity nadväzovali na výsledky výskumu z predchádzajúceho obdobia, hlavne na projekty EUROSTARS E! 9385 „Optimisation of Rubber Extrusion Systems Used in Tyre Bead Making by Mathematical Modelling“ a APVV-15-0113 „Spájanie polymérnych substrátov s kovovými povrchmi metódou molekulárnej adhézie“***
 - *analýzy dát z meraní hrúbky nánosu gumy pri meniacej sa rýchlosti drôtu a dĺžke pogumovacích prievlakov*
 - *analýzy dát z meraní adhézie gumovej vrstvy na povrch drôtu pri rôznych povrchových úpravách drôtu*
- ***modely toku gumovej zmesi založené na reológii plastových materiálov sa ukázali ako neadekvátne pri extrúznom pogumovaní drôtu***
- ***Pre potreby vytvorenia rozšíreného modelu elongačného toku gumovej zmesi boli vykonané dodatočné analýzy viacerých typov gumových zmesí***
- ***Bolo rozšírené existujúce výpočtové prostredie softvéru na simulácie toku gumovej zmesi o nové funkcionality:***
 - *možnosť práce so zložitými geometriami štruktúrovaných mriežok konečných prvkov*
 - *možnosť realizácie extrémne náročných výpočtových projektov*
 - *užívateľom editovateľné dokovacie panely,*
 - *použitie rýchlych shaderov v jazyku OpenGL na riadenie grafických modulov na rýchle prekreslovanie dynamických situácií s veľkým počtom prvkov.*



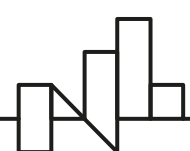
ECOBead – dosiahnuté výsledky

Aktivita 2: Návrh energeticky efektívneho a technicky zdokonaleného systému na pogumovanie drôtu

Realizácia míľnika „Modely toku gumovej zmesi“



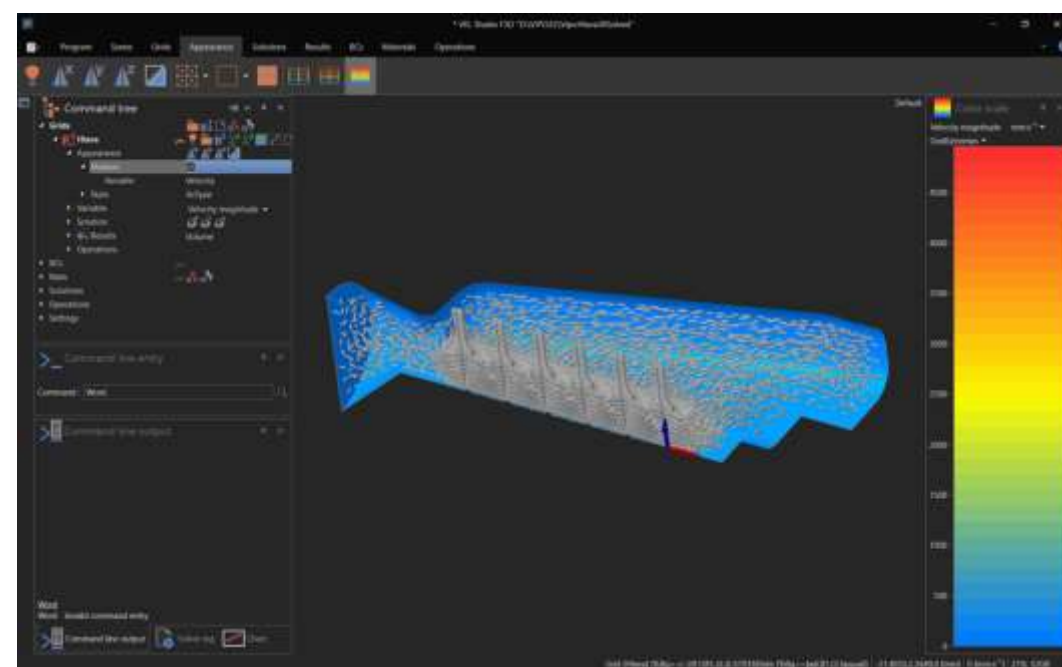
*Virtual Extrusion Laboratory – simulácia priebehu rýchlosti
v pogumovacích prievlakoch*



ECOBEBAD – dosiahnuté výsledky

Aktivita 2: Návrh energeticky efektívneho a technicky zdokonaleného systému na pogumovanie drôtu

Realizácia míľnika „Modely toku gumovej zmesi“ (04/22 – 09/23)



*Virtual Extrusion Laboratory – vizualizácia priebehu rýchlosti
v pogumovacej hlave*



ECOBEBAD – dosiahnuté výsledky

Aktivita 2: Návrh energeticky efektívneho a technicky zdokonaleného systému na pogumovanie drôtu

Realizácia míľníka „Optimalizovaná pogumovacia hlava“

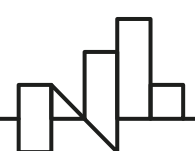
- *Bola vykonaná analýza tokových pomerov v existujúcej pogumovacej hlave používanej v linkách na výrobu 6 pätkových lán v jednom cykle*

Realizácia míľníka „Prototyp pogumovacieho systému s dodatočným prostriedkom na podporu generovania tlaku“

- *Bolo objednané zubové čerpadlo konkrétneho typu a získaná jeho 3D dokumentácia*
- *Bola vytvorená úplná technická dokumentácia systému mechanického prepojenia jednotlivých komponentov pogumovacieho systému*

Realizácia míľníka „Riadiaci systém pogumovacieho modulu“

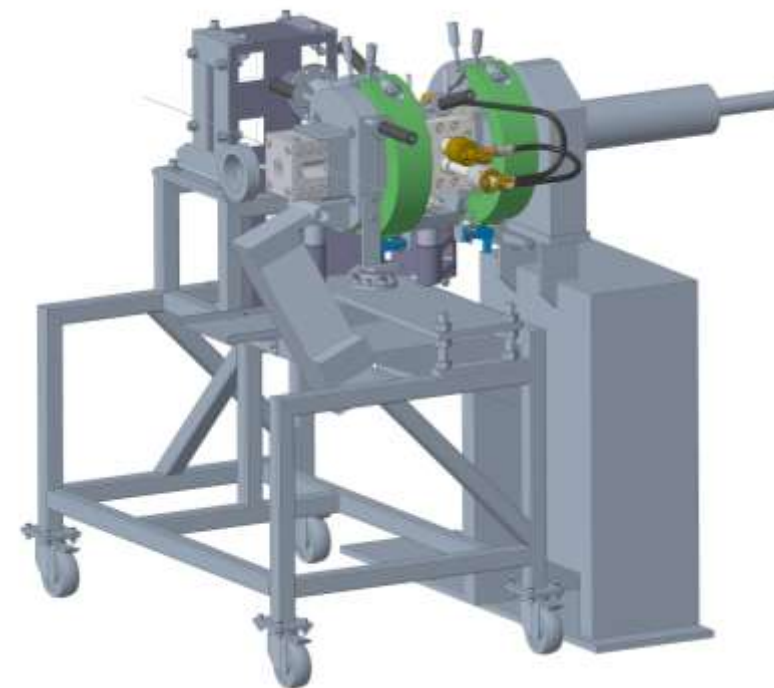
- *Vzhľadom k meškajúcej dodávke zubového čerpadla nebolo možné začať práce na realizácii tohto míľníka*



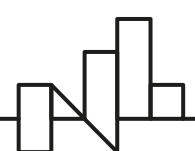
ECOBead – dosiahnuté výsledky

Aktivita 2: Návrh energeticky efektívneho a technicky zdokonaleného systému na pogumovanie drôtu

Realizácia míľnika „Prototyp pogumovacieho systému s dodatočným prostriedkom na podporu generovania tlaku“



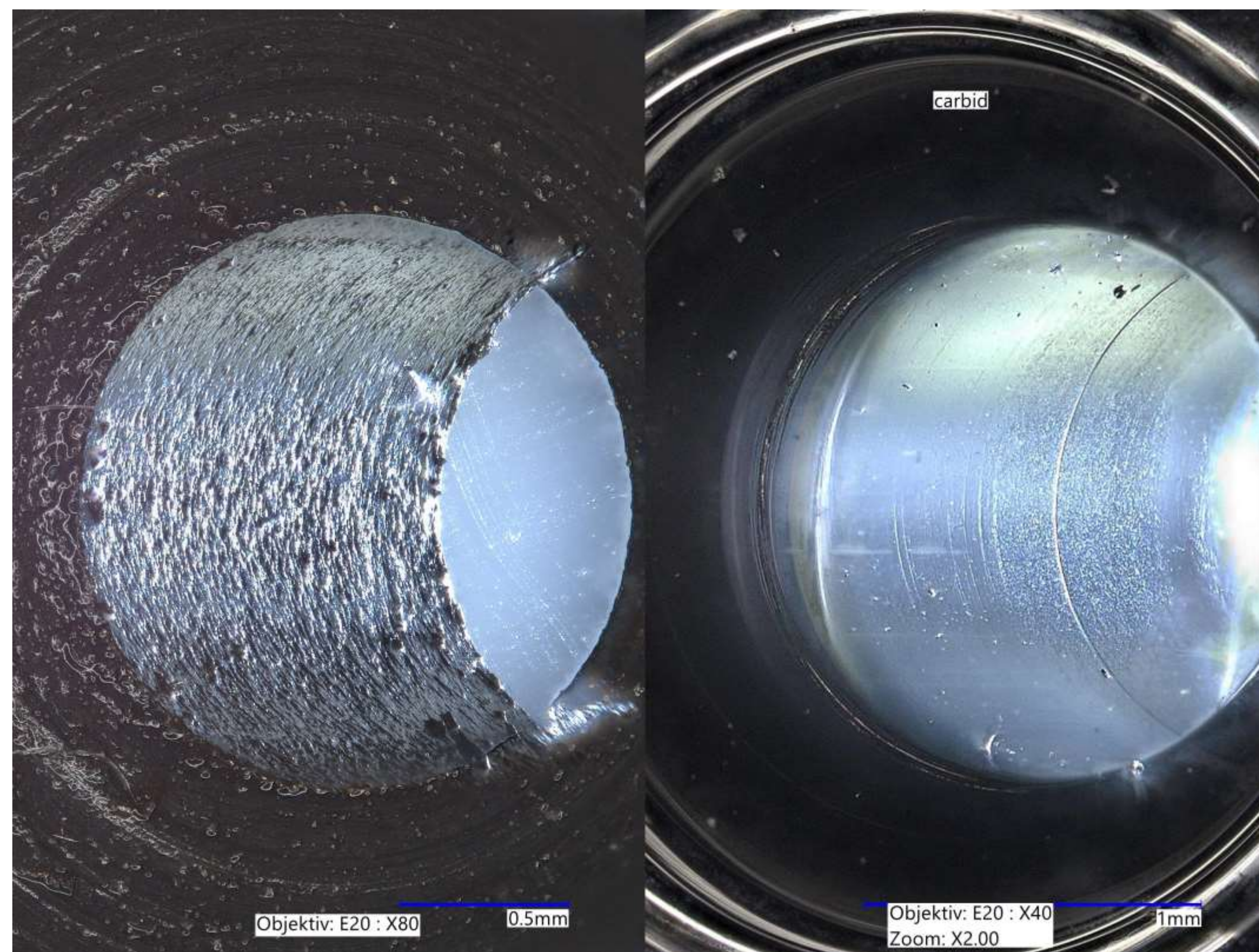
Pogumovací systém drôtu so zubovým čerpadlom – celkový pohľad a rez



ECOBead – dosiahnuté výsledky

Aktivita 2: Návrh energeticky efektívneho a technicky zdokonaleného systému na pogumovanie drôtu

Realizácia míľnika „Prototyp pogumovacieho systému s dodatočným prostriedkom na podporu generovania tlaku“

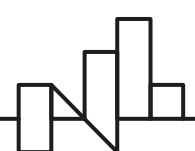


Mikrofotografie nepoužitých pogumovacích prievlakov – nástrojová ocel' (vľavo) a karbid volfrámu (vpravo)

ECOBED – realizované činnosti

Aktivita 3: Implementácia princípov Industry 4.0 a prostriedkov rozšírenej a virtuálnej reality

- Vykonala sa analýza prostriedkov zberu dát a riadenia výrobných zariadení
- Bol zostavený výber vhodných metód multikriteriálnej / multiparametrickej diagnostiky výrobných zariadení
- Bola vypracovaná konceptuálna definícia sieťovej a serverovej infraštruktúry a integrácie hardvérových prostriedkov monitorovacieho systému s výrobným zariadením
- Bol vykonaný výber metód pre vibrodiagnostiku výrobného zariadenia
- Bol dosiahnutý míľnik Systém stavového monitoringu (Condition monitoring system) v rámci ktorého bola vypracovaná štúdia sumarizujúca vykonané práce v tejto oblasti:
 - *vývoj alternatívnych riešení systémov zberu dát pre stavový monitoring výrobných zariadení*
 - *spätnoväzobná komunikácia medzi výrobným zariadením a systémom stavového monitoringu*
 - *vizualizácia dát stavového monitoringu a vzdialená kontrola výrobných zariadení*
 - *štatistická analýza periodických dejov pri stavovom monitoringu*
- Boli vyvinuté postupy implementácie vibrodiagnostiky výrobných zariadení a frekvenčnej analýzy vibrodiagnostických dát
- Bol vykonaný výskum aplikačného potenciálu rôznych typov neurónových sietí a strojového učenia pri tvorbe analytických a predikčných nástrojov pre potreby stavového monitoringu a testovanie nástrojov na ich tréning a optimalizáciu
- Bolo vyvinuté a nakonfigurované vizuálne rozhranie v prostredí Genesis64 s verifikáciou na historických i aktuálnych dátach
- Boli vyvinuté nástroje pre tréning operátorov *navíjacích liniek v prostredí virtuálnej reality*



ECOBEBAD – dosiahnuté výsledky

Aktivita 3: Implementácia princípov Industry 4.0 a prostriedkov rozšírenej a virtuálnej reality

Realizácia míľníka: „Systém stavového monitoringu“

Zber aktuálnych a historických dát

**Tabuľkový systém uloženia dát
v databáze PostgreSQL**

public.value_stream/thingworx/postgres@PostgreSQL 10

Query Editor Query History

```
1 SELECT * FROM public.value_stream
2 LIMIT 100
3
```

Data Output Explain Messages Notifications

	entry_id bigint	entity_id character varying (255)	source_id character varying (255)	time timestamp with time zone	property_type integer	property_name character varying (4096)	property_value text
1	227319663	LIHEXAL_VS	LIHEXAL	2023-05-12 06:04:04.234+02		SIEMENS_LIHEXAL_MOTOR1_V...	225.506744384765...
2	227319684	LIHEXAL_VS	LIHEXAL	2023-05-12 06:04:05.981+02		SIEMENS_LIHEXAL_MOTOR1_V...	225.461029052734...
3	227319687	LIHEXAL_VS	LIHEXAL	2023-05-12 06:04:06.2+02		SIEMENS_LIHEXAL_MOTOR1_V...	225.547348022460...
4	227319699	LIHEXAL_VS	LIHEXAL	2023-05-12 06:04:06.746+02		SIEMENS_LIHEXAL_MOTOR1_V...	225.9222412109375
5	227319705	LIHEXAL_VS	LIHEXAL	2023-05-12 06:04:07.51+02		SIEMENS_LIHEXAL_MOTOR1_V...	225.361099243164...
6	227319710	LIHEXAL_VS	LIHEXAL	2023-05-12 06:03:59.648+02		SIEMENS_LIHEXAL_MOTOR1_V...	225.629699707031...
7	227319714	LIHEXAL_VS	LIHEXAL	2023-05-12 06:04:00.74+02		SIEMENS_LIHEXAL_MOTOR1_V...	225.6016387939453
8	227319718	LIHEXAL_VS	LIHEXAL	2023-05-12 06:04:01.177+02		SIEMENS_LIHEXAL_MOTOR1_V...	225.680084228515...
9	227319728	LIHEXAL_VS	LIHEXAL	2023-05-12 06:04:01.613+02		SIEMENS_LIHEXAL_MOTOR1_V...	226.183685302734...
10	227319732	LIHEXAL_VS	LIHEXAL	2023-05-12 06:04:02.815+02		SIEMENS_LIHEXAL_MOTOR1_V...	225.390960693359...
11	227319738	LIHEXAL_VS	LIHEXAL	2023-05-12 06:04:03.797+02		SIEMENS_LIHEXAL_MOTOR1_V...	225.450378417968...
12	227319743	LIHEXAL_VS	LIHEXAL	2023-05-12 06:04:04.016+02		SIEMENS_LIHEXAL_MOTOR1_V...	225.489044189453...
13	227319748	LIHEXAL_VS	LIHEXAL	2023-05-12 06:04:04.999+02		SIEMENS_LIHEXAL_MOTOR1_V...	225.877578735351...
14	227319761	LIHEXAL_VS	LIHEXAL	2023-05-12 06:04:05.763+02		SIEMENS_LIHEXAL_MOTOR1_V...	225.452819824218...
15	227319767	LIHEXAL_VS	LIHEXAL	2023-05-12 06:04:07.838+02		SIEMENS_LIHEXAL_MOTOR1_V...	225.330718994140...
16	227319770	LIHEXAL_VS	LIHEXAL	2023-05-12 06:03:58.556+02		SIEMENS_LIHEXAL_MOTOR1_V...	5.37947559356689...
17	227319774	LIHEXAL_VS	LIHEXAL	2023-05-12 06:03:58.993+02		SIEMENS_LIHEXAL_MOTOR1_V...	5.385727405548096
18	227319777	LIHEXAL_VS	LIHEXAL	2023-05-12 06:03:59.32+02		SIEMENS_LIHEXAL_MOTOR1_V...	5.386873722076416
19	227319781	LIHEXAL_VS	LIHEXAL	2023-05-12 06:03:59.866+02		SIEMENS_LIHEXAL_MOTOR1_V...	5.338003158569336
20	227319784	LIHEXAL_VS	LIHEXAL	2023-05-12 06:04:00.085+02		SIEMENS_LIHEXAL_MOTOR1_V...	5.359885215759277
21	227319787	LIHEXAL_VS	LIHEXAL	2023-05-12 06:04:00.521+02		SIEMENS_LIHEXAL_MOTOR1_V...	5.384997844696045
22	227319780	LIHEXAL_VS	LIHEXAL	2023-05-12 06:04:01.723+02		SIEMENS_LIHEXAL_MOTOR1_V...	5.350715160360872

ECOBEBAD – dosiahnuté výsledky

Aktivita 3: Implementácia princípov Industry 4.0 a prostriedkov rozšírenej a virtuálnej reality

Realizácia míľnika: „Systém stavového monitoringu“

TECHNICKÁ DIAGNOSTIKA - určenie súčasného technického stavu zariadenia, tzv. diagnózy

VIBRODIAGNOSTIKA

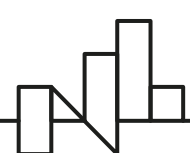
TERMEDIAGNOSTIKA

TRIBODIAGNOSTIKA

MULTIKRITERIÁLNA
(VIACPARAMETROVÁ)
DIAGNOSTIKA

DEFEKTOSKOPIA

MERANIE VÔLE A
MERANIE
PREVÁDZKOVÝCH
PARAMETROV



ECOBEBAD – dosiahnuté výsledky

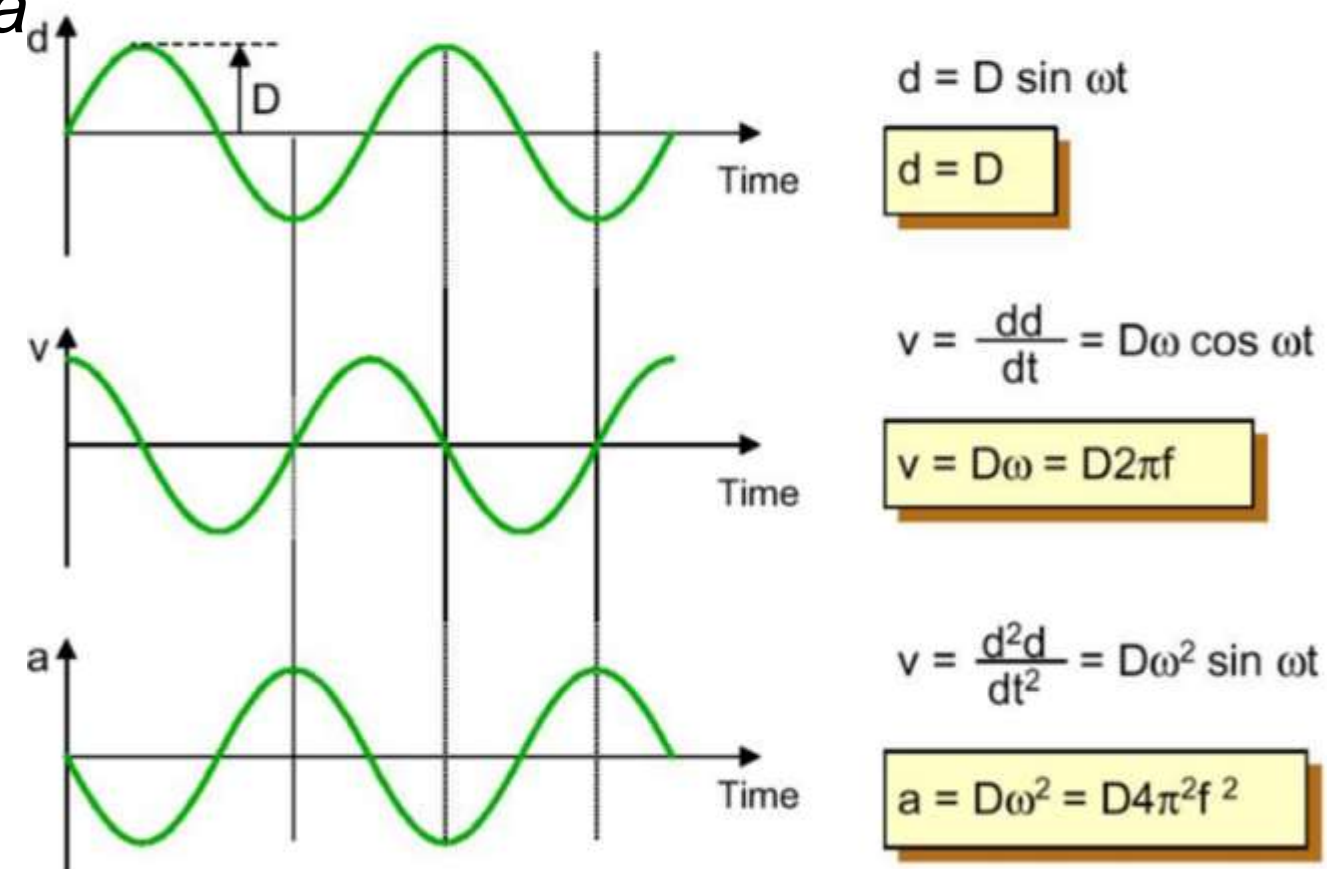
Aktivita 3: Implementácia princípov Industry 4.0 a prostriedkov rozšírenej a virtuálnej reality

Realizácia míľnika: „Systém stavového monitoringu“

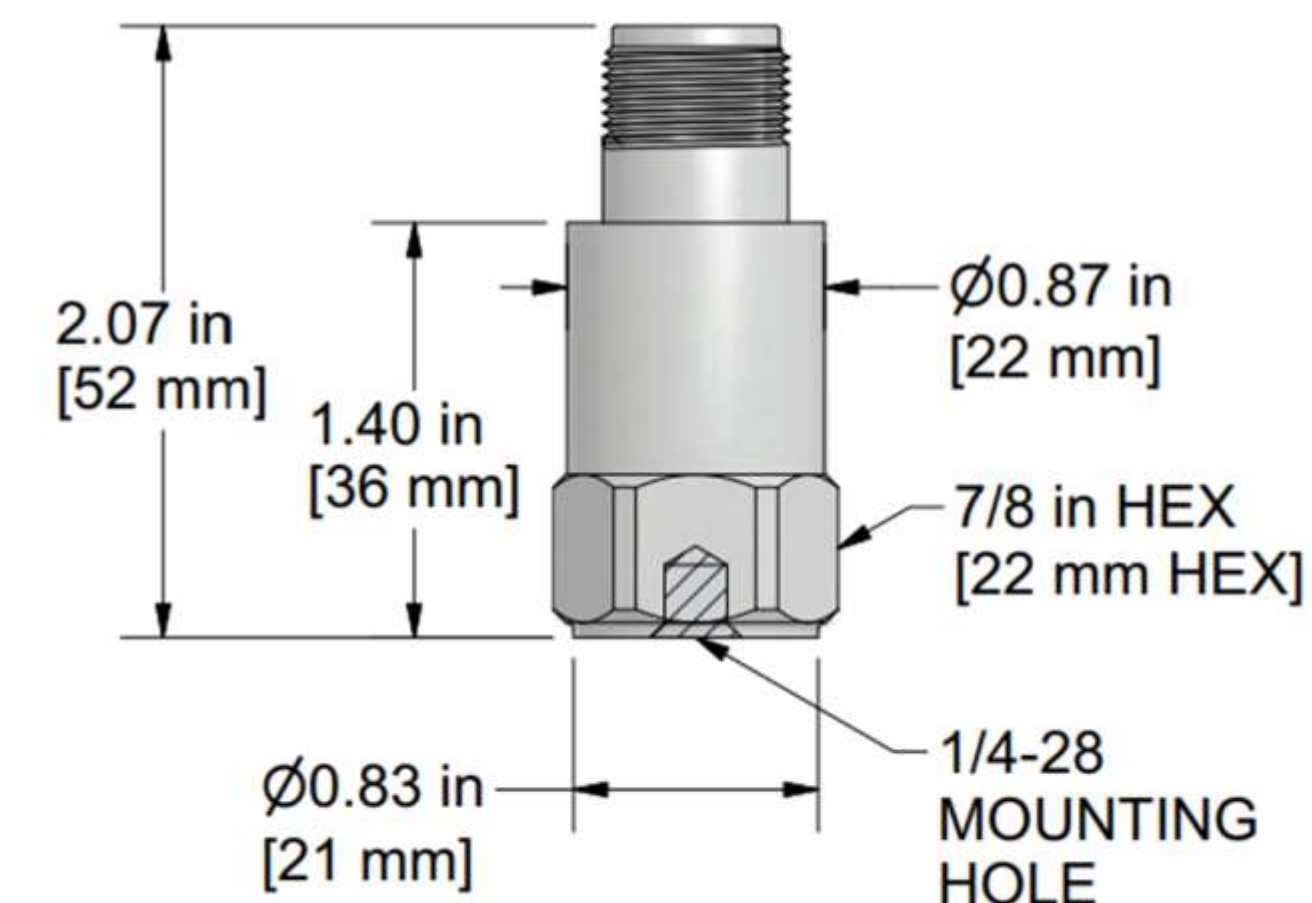
Vibrodiagnostika

Analyzované vibrodiagnostické metódy:

- a) Spektrálna analýza prostredníctvom Fourierovej transformácie/Fourierová transformácia (FFT);
- b) Diskrétna Fourierová transformácia (DFT);
- c) Obáľková analýza (diagnostika poškodenia valivého ložiska);
- d) Metóda činiteľa výkmitu (crest factor);
- e) Orbita;
- f) Kepstrálna analýza



VIBROSTORE 100



Snímač zrýchlenia LP352-1D

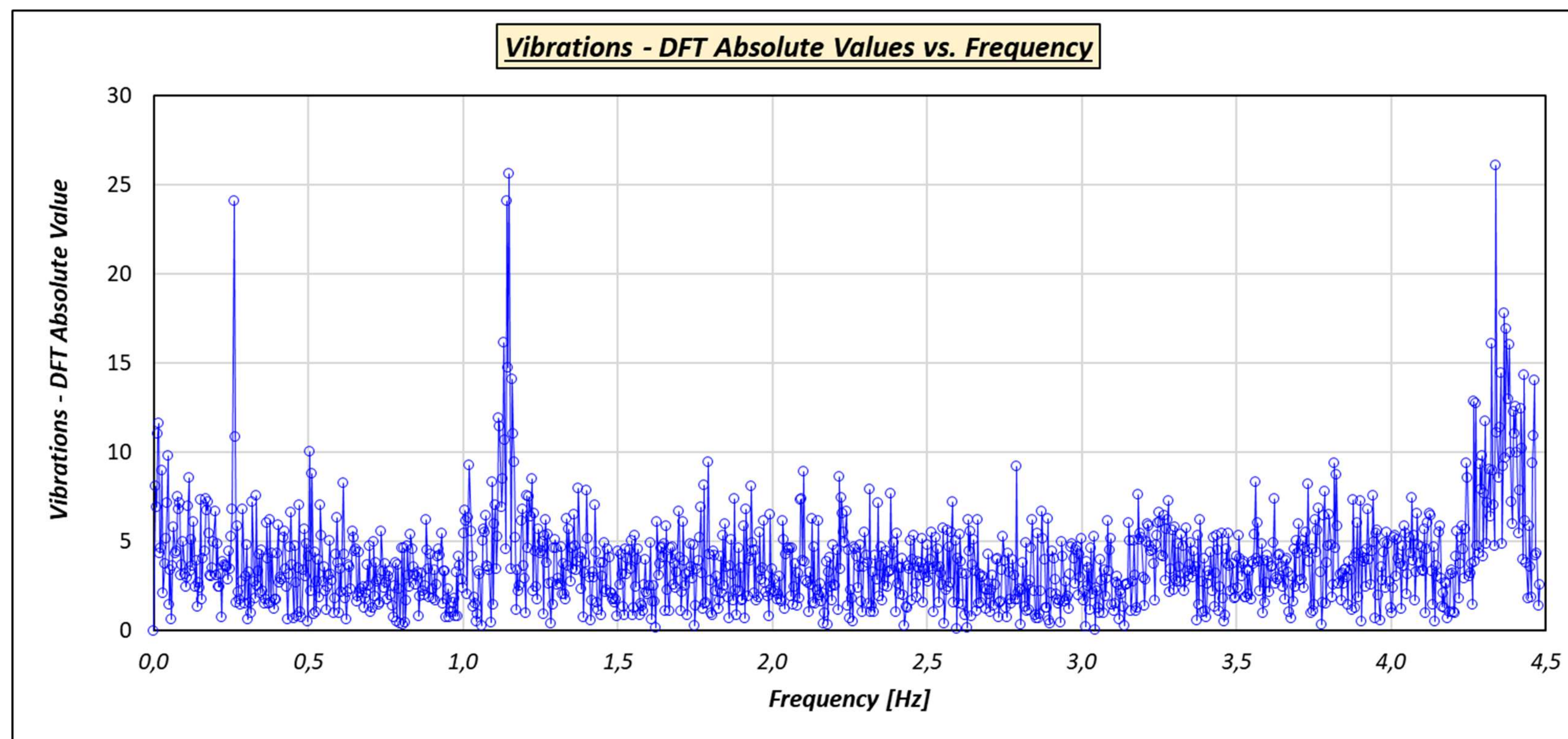


ECOBED – dosiahnuté výsledky

Aktivita 3: Implementácia princípov Industry 4.0 a prostriedkov rozšírenej a virtuálnej reality

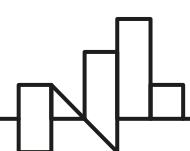
Realizácia míľnika: „Systém stavového monitoringu“

Vibrodiagnostika



$$P_n = \frac{\Delta t}{k_n}$$
$$F_n = \frac{k_n}{\Delta t} = \frac{1}{P_n}$$

Absolútne hodnoty DFT pre jednotlivé indexy frekvenčných domén signálu



ECOBEBAD – dosiahnuté výsledky

Aktivita 3: Implementácia princípov Industry 4.0 a prostriedkov rozšírenej a virtuálnej reality

Realizácia míľnika: „Analytické a predikčné nástroje ...“

Typy úloh riešiteľných pomocou neurónových sietí

- Monitoring stavu zariadenia – detekcia anomálii, prediktívna údržba
- Popisná analytika – modelovanie technologických procesov, optimalizácia a hľadanie vhodných výrobných a iných parametrov stroja



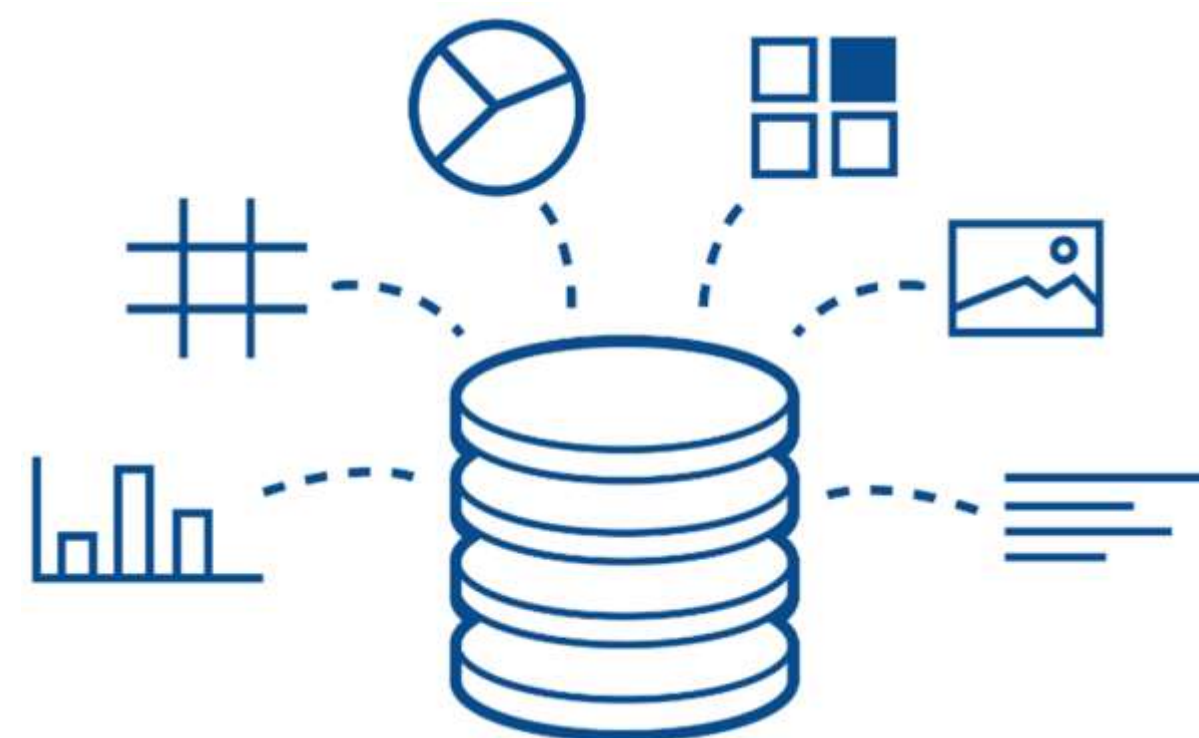
ECOBEBAD – dosiahnuté výsledky

Aktivita 3: Implementácia princípov Industry 4.0 a prostriedkov rozšírenej a virtuálnej reality

Realizácia míľnika: „Analytické a predikčné nástroje ...“

Postupnosť krokov pri implementácii prediktívnych modelov AI

- 1) Príprava zariadenia pre nasadenie modelov AI – osadenie nových snímačov, tvorba DB ...***
- 2) Zber relevantných dát***
- 3) Predspracovanie dát pre účely tréningu modelov – filtrovanie a interpolácia chýbajúcich dát***
- 4) Výber vhodného druhu modelu a jeho štruktúry – NAR, NARX, LSTM ...***
- 5) Výber trénovacieho algoritmu a tréning modelu – LM, GN, SCG ...***
- 6) Implementácia predikčného modelu do zariadenia***
- 7) Kontrola presnosti modelu a prípadné pretrénovanie alebo úprava parametrov modelu***



ECOBEBAD – dosiahnuté výsledky

Aktivita 3: Implementácia princípov Industry 4.0 a prostriedkov rozšírenej a virtuálnej reality

Realizácia míľnika: „Analytické a predikčné nástroje ...“

Modely umelých neurónových sietí NAR

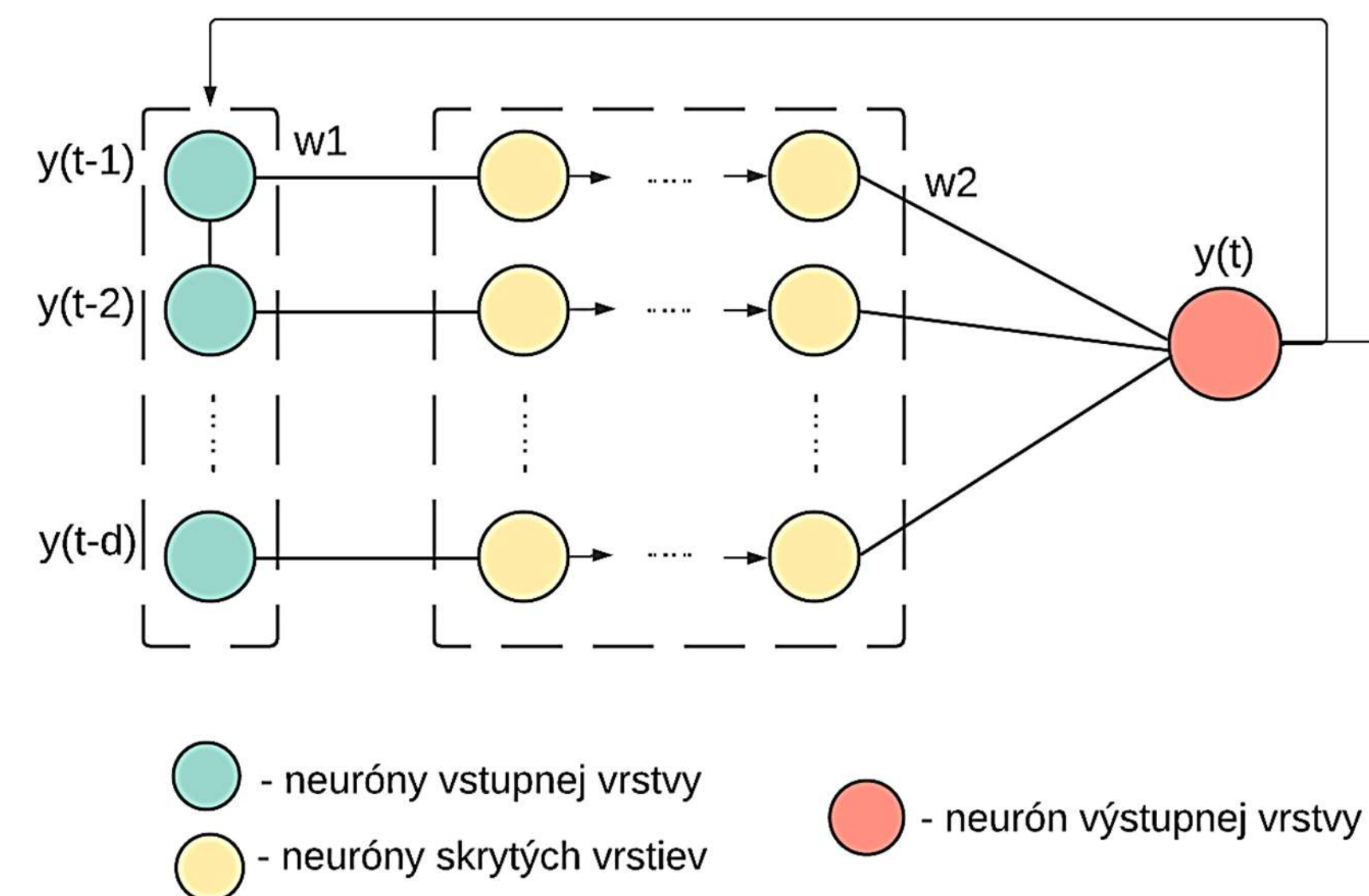
Nelineárna auto-regresná neurónová sieť

- Rekurentný model ANN
- Predikcia časových radov, viackroková predikcia pomocou spätnej väzby
- Možnosť trénovania ako pri FFANN
- Model predpovedá hodnoty na základe historických dát danej veličiny

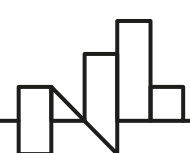
$$Y_t = h(Y_{t-1}, Y_{t-2}, \dots, Y_{t-d})$$

```
14:39:27,28.625,26.8125,27.375,0
14:39:35,28.625,26.875,27.3125,11.7058
14:39:43,30.625,27.125,27.0625,11.6813
14:39:51,30.3125,27.25,27.125,0
14:39:59,29.9375,27.1875,27.125,0
14:40:07,29.8125,27.1875,27.1875,0
```

Štruktúra zbieraných dát (.csv)



Štruktúra modelu NAR



ECOBEBAD – dosiahnuté výsledky

Aktivita 3: Implementácia princípov Industry 4.0 a prostriedkov rozšírenej a virtuálnej reality

Realizácia míľnika: „Analytické a predikčné nástroje ...“

Modely umelých neurónových sietí NAR

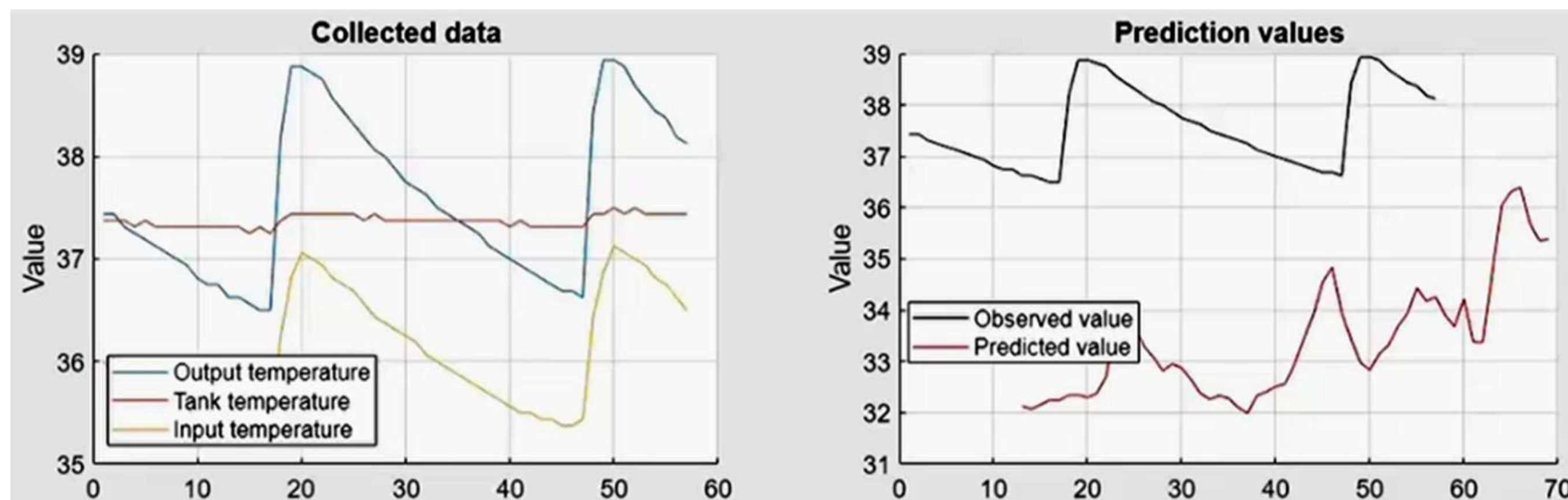
Možnosti natrénovaného modelu NAR

- **Kontrola presnosti predikcie konkrétneho modelu**
- **Pretrénovanie modelu pri nízkych hodnotách presnosti**
- **Možnosť detekcie anomálií a ďalšej implementácie modelov predikujúcich poruchy stroja**

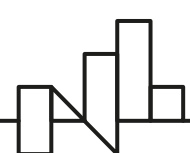
$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=0}^n (x_i - y_i)^2}{n}}$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=0}^n |x_i - y_i|}{n}$$

$$r = \frac{\sum_{i=0}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=0}^n (x_i - \bar{x})^2} \sqrt{\sum_{i=0}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$



Vizualizácia predikcie natrénovaného modelu



ECOBEBAD – dosiahnuté výsledky

Aktivita 3: Implementácia princípov Industry 4.0 a prostriedkov rozšírenej a virtuálnej reality

Realizácia míľnika: „Podporné nástroje s implementáciou rozšírenej a virtuálnej reality“

Rozšírená realita a virtuálna realita



*Virtuálna realita
HTC VIVE PRO 2*



*Zmiešaná realita
HOLOLENS 2, SMART PHONE*



*Rozšírená realita
REALWEAR HMT-1*



Ďakujeme za pozornosť!

www.eeagrants.sk

LinkedIn: VIPO

YouTube: EEANorwayGrants

Mail: ecobead@ecobead.eu

www.ecobead.eu

www.vipo.sk