



*IV SPOTKANIA  
DIAGNOSTYKI INFRASTRUKTURY SZYNOWEJ*

*Warszawa - 2023*

11 ÷ 13 października 2023 roku

**MATERIAŁY UDOSTĘPNIONE PRZEZ AUTORÓW PREZENTACJI  
- NIE DO NIEKOMERCYJNEGO WYKORZYSTANIA,  
ORGANIZATORZY NIE BIORĄ ODPOWIEDZIALNOŚCI ZA TREŚCI I OŚWIADCZAJĄ,  
ŻE NIE INGEROWALI W TREŚĆ.**

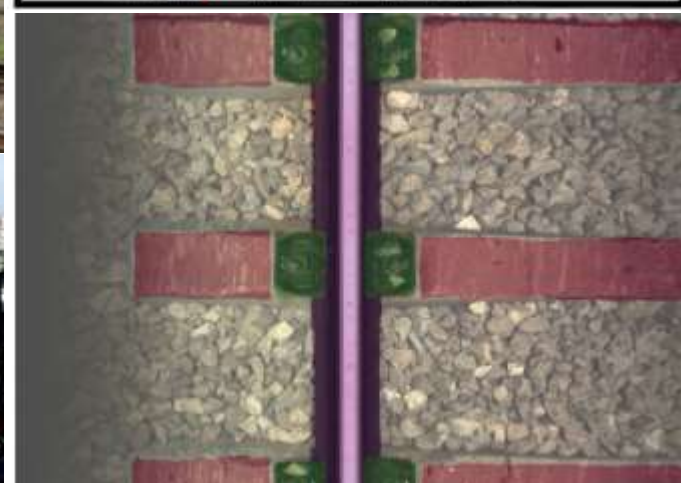
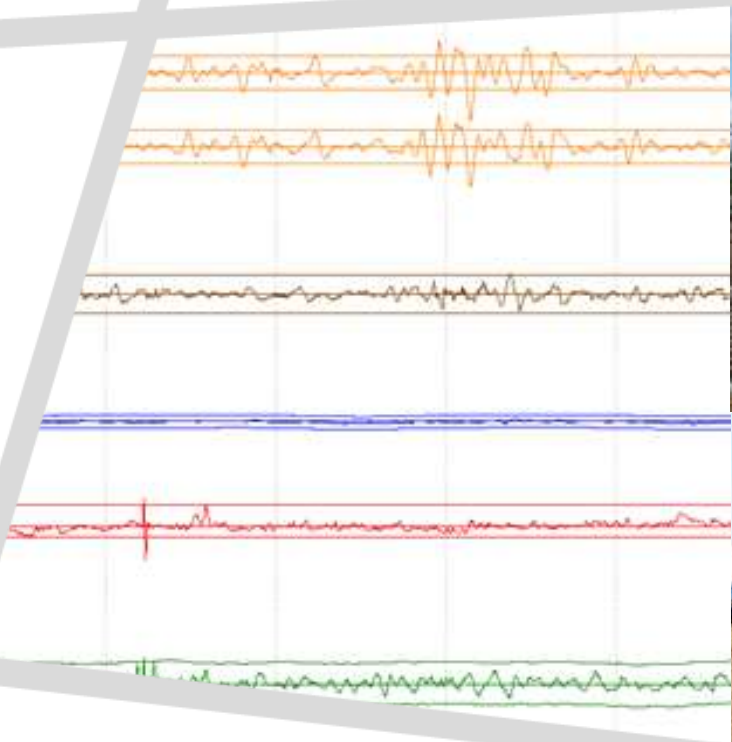


STOWARZYSZENIE INŻYNIERÓW I  
TECHNIKÓW KOMUNIKACJI RP  
Oddział w Warszawie



KLUB MIĘDZYKŁADOWY SITK RP  
przy  
PKP Polskie Linie Kolejowe SA  
CENTRUM DIAGNOSTYKI  
w Warszawie





# Projekt Automatyzacji Obchodów Torów (AOT)

Warszawa, 11 – 13 październik 2023

# Po co automatyzować dozorowanie?

**Cel projektu:** zastąpienie większości pieszych obchodów torów poprzez zautomatyzowane pomiary pojazdami inspekcyjnymi z systemami video-inspekcji oraz systemami pomiarowymi.

## Oczekiwane korzyści i efekty wdrożenia:

### Wydajność dozorowania

- Obecnie: do 16 km toru na jednego pracownika.
- Po wdrożeniu: ok 300 km objazdu dziennie przez 1 pojazd oraz przeprowadzenie analizy danych na stanowisku stacjonarnym do 100 km dziennie.



### Jakość dozorowania

- Obecnie: zwracanie uwagi na 50 różnych zagadnień w warunkach niebezpiecznych (tory czynne), ograniczenie percepcji, papierowa dokumentacja.
- Po wdrożeniu: cyfryzacja procesu, możliwość głębszej analizy i wdrażania modeli predykcyjnych.

# Po co automatyzować dozorowanie?

**Cel projektu:** zastąpienie większości pieszych obchodów torów poprzez zautomatyzowane pomiary pojazdami inspekcyjnymi z systemami video-inspekcji oraz systemami pomiarowymi.

**Oczekiwane korzyści i efekty wdrożenia:**



## Koszty dozorowania

- Obecnie: 90 tys. roboczogodzin/m-c, co generuje koszty ok. 5,2 mln zł/m-c.
- **Po wdrożeniu: redukcja kosztów związane z dozorem linii o około 37% w stosunku do kosztów obecnych.**

## Bezpieczeństwo dozorowania

- Obecnie: praca w torach czynnych, zwiększanie prędkości pojazdów, trudne warunki terenowe i pogodowe.
- **Po wdrożeniu: zastąpienie pieszych obchodów objazdami.**



# Założenia techniczne Systemu AOT

- **System AOT** składał się będzie z dwóch podstawowych komponentów:
  - **Pojazdu AOT**, który stanowi nośnik w formie **wagonu platformy** z zamontowanymi **systemami diagnostycznymi** ciągnięty przez wózki motorowe będące w zasobach Sekcji Eksploatacji,
  - **Stanowiska Stacjonarnego** na którym wykonywana będzie analiza zebranych danych, w komfortowych warunkach biurowych.
- Wstępnie zakłada się realizację objazdów **średnio 300 km dziennie** (max do 400 km), oraz późniejszą analizę na stanowisku stacjonarnym w tempie **20 – 30 km/h (100 km/dziennie na stanowisko)**

## REALIZACJA BADAŃ I POMIARÓW



# Założenia techniczne Systemu AOT

## Systemy wizyjne – ocena jakościowa

Wyzwania:

- zbieranie danych do nauki systemów (algorytmy AI)
- magazynowanie danych
- transfer danych

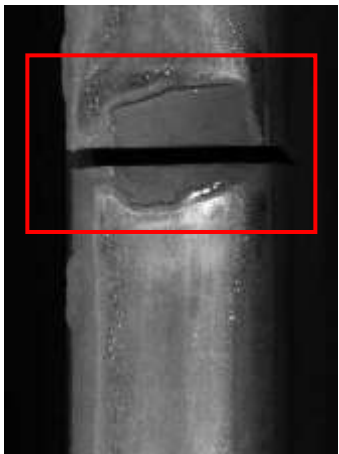
## Systemy pomiarowe – ocena ilościowa

Wyzwania:

- Synchronizacja danych
- processing (optymalizacja algorytmów)

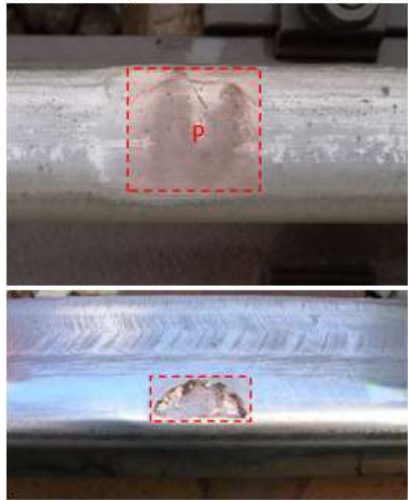
## Funkcjonalności systemów diagnostycznych:

- Podgląd szlaku i otoczenia
- Wykrywanie wad powierzchni tocznej szyny
- Kontrola złączy łubkowych
- Wykrywanie wad węzła przytwierdzenia
- Wykrywanie uszkodzeń podkładów strunobetonowych
- Kontrola deficytu/nadmiaru pryzmy podsypki
- Pomiary jakości geometrycznej toru
- Pomiary zużycia szyn
- Kontrola wymiarów krytycznych w rozjazdach

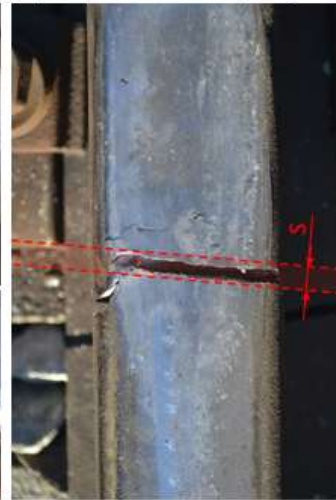


## Wideo-inspekcja powierzchni toczonej szyny i złączy łubkowych

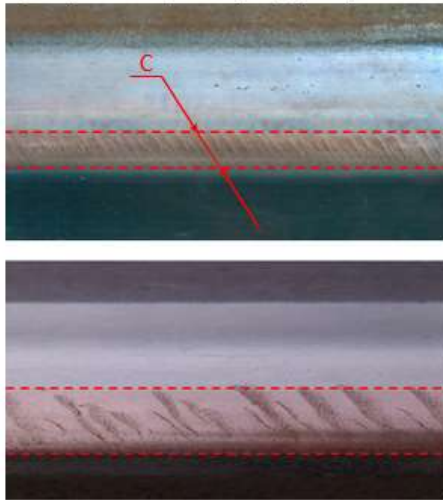
a) Atrybut: powierzchnia [mm<sup>2</sup>]



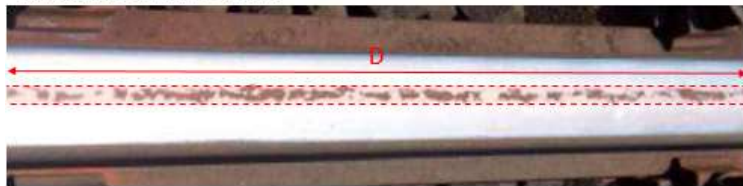
b) Atrybut: szerokość [mm]



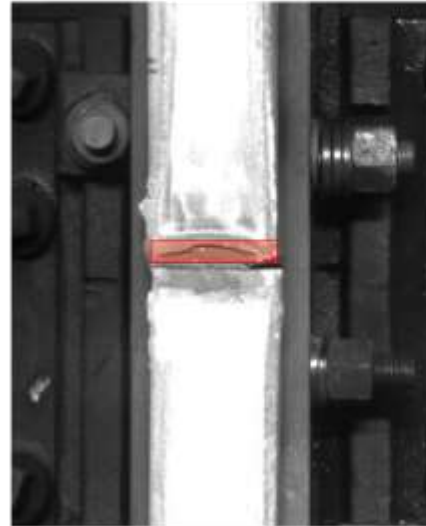
c) Atrybut: długość cięciwy [mm]



d) Atrybut: długość [mm]



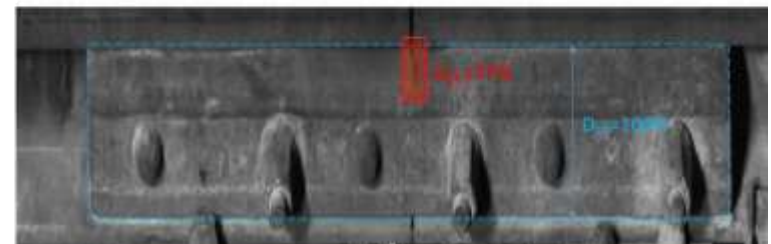
a) Wyszczerbione szyna w obszarze złącza



b) Brak śrub łubkowych



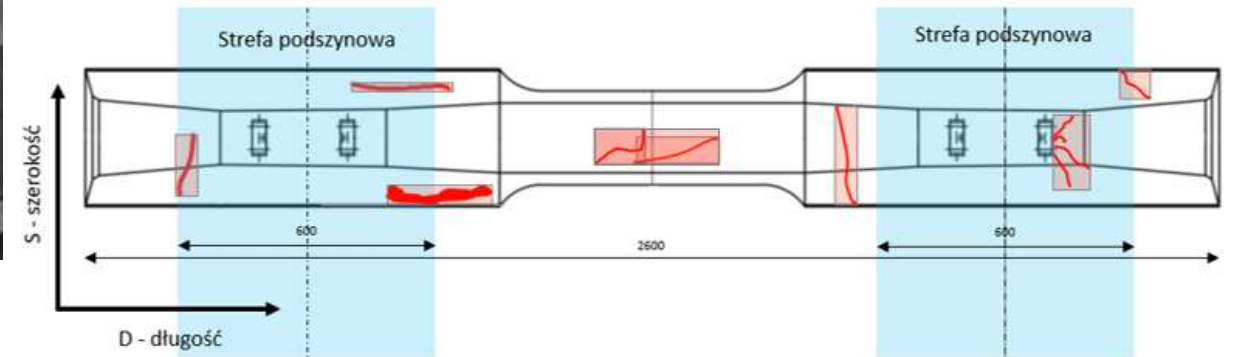
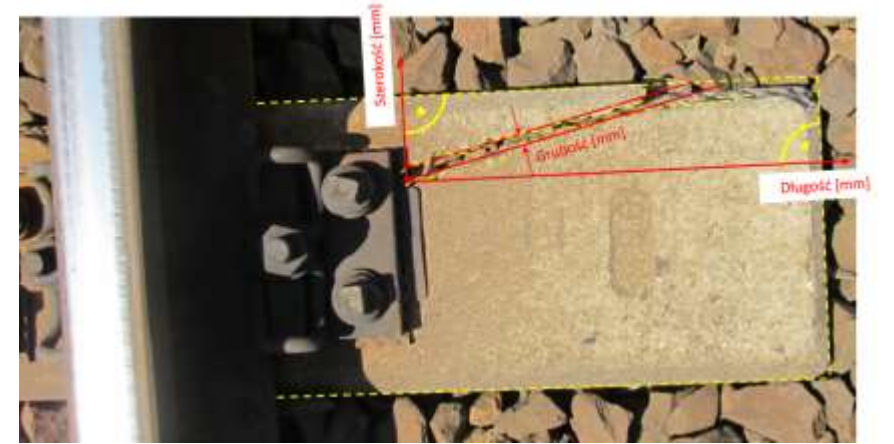
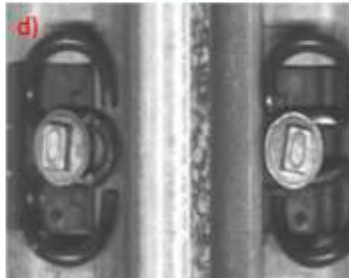
c) Pęknięcie łubka/złamany łubek



## Wideo-inspekcja węzła przytwierdzenia i podkładów struno-betonowych



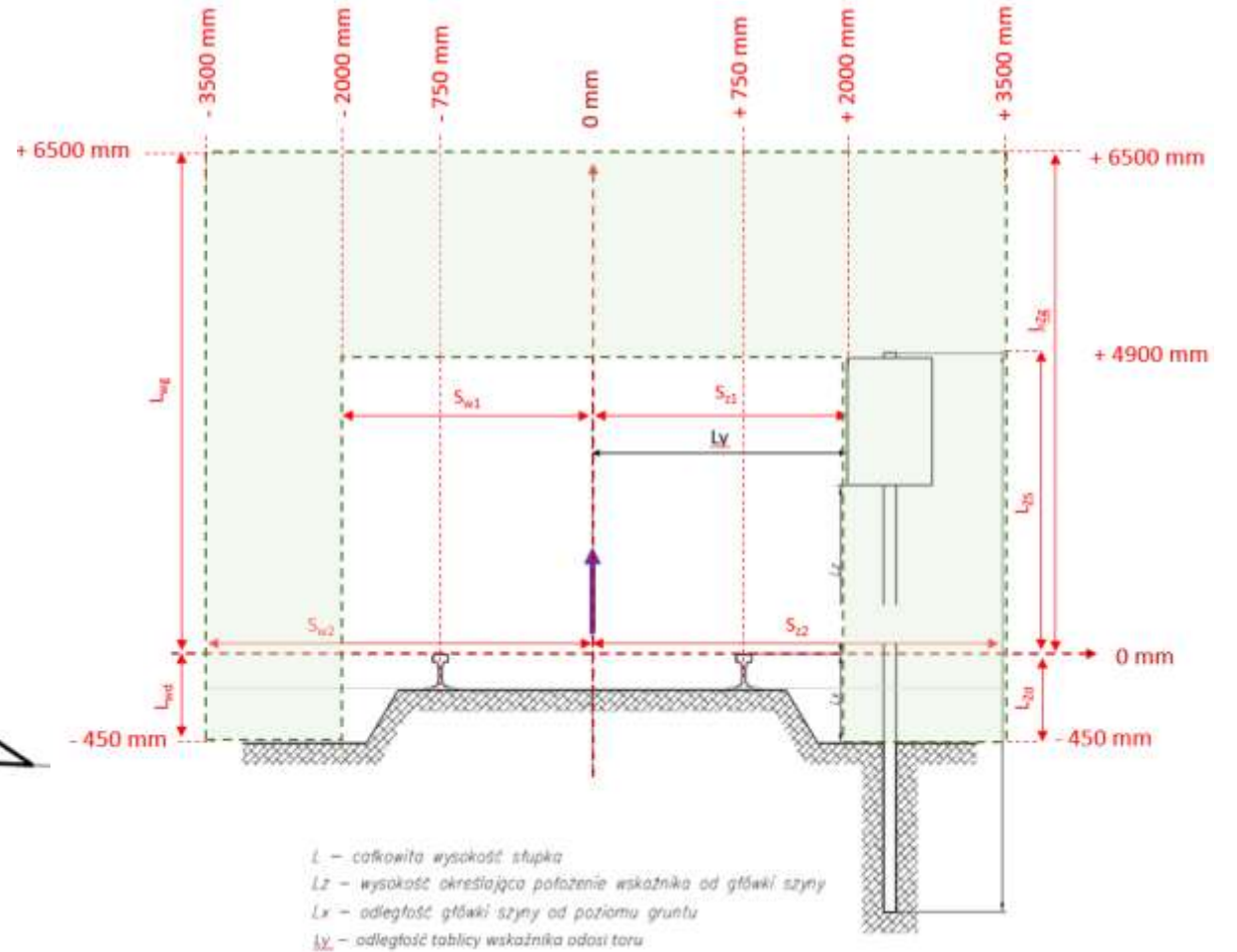
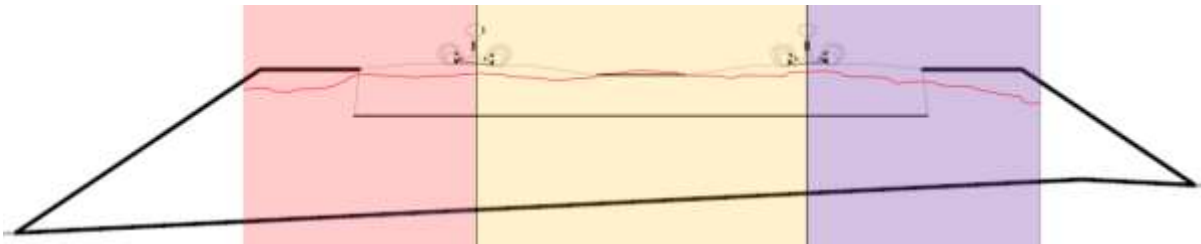
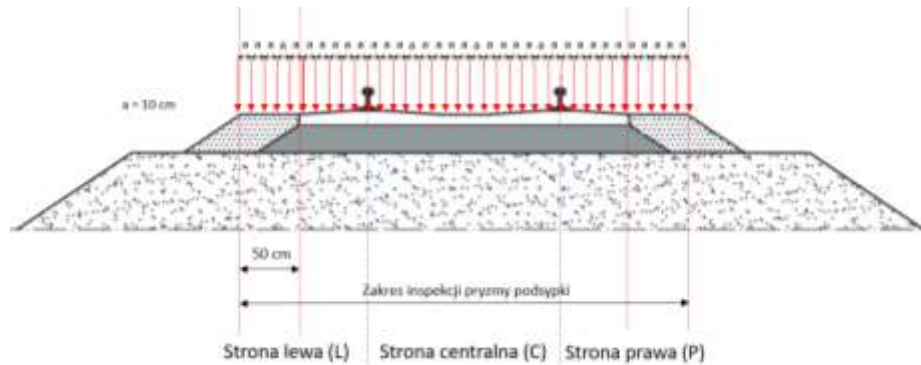
- a) Uszkodzenie elementów węzła
- b) Uszkodzenie elementów węzła
- c) Obrót elementów węzła
- d) Przesunięcie elementów węzła
- e) Brak elementów węzła





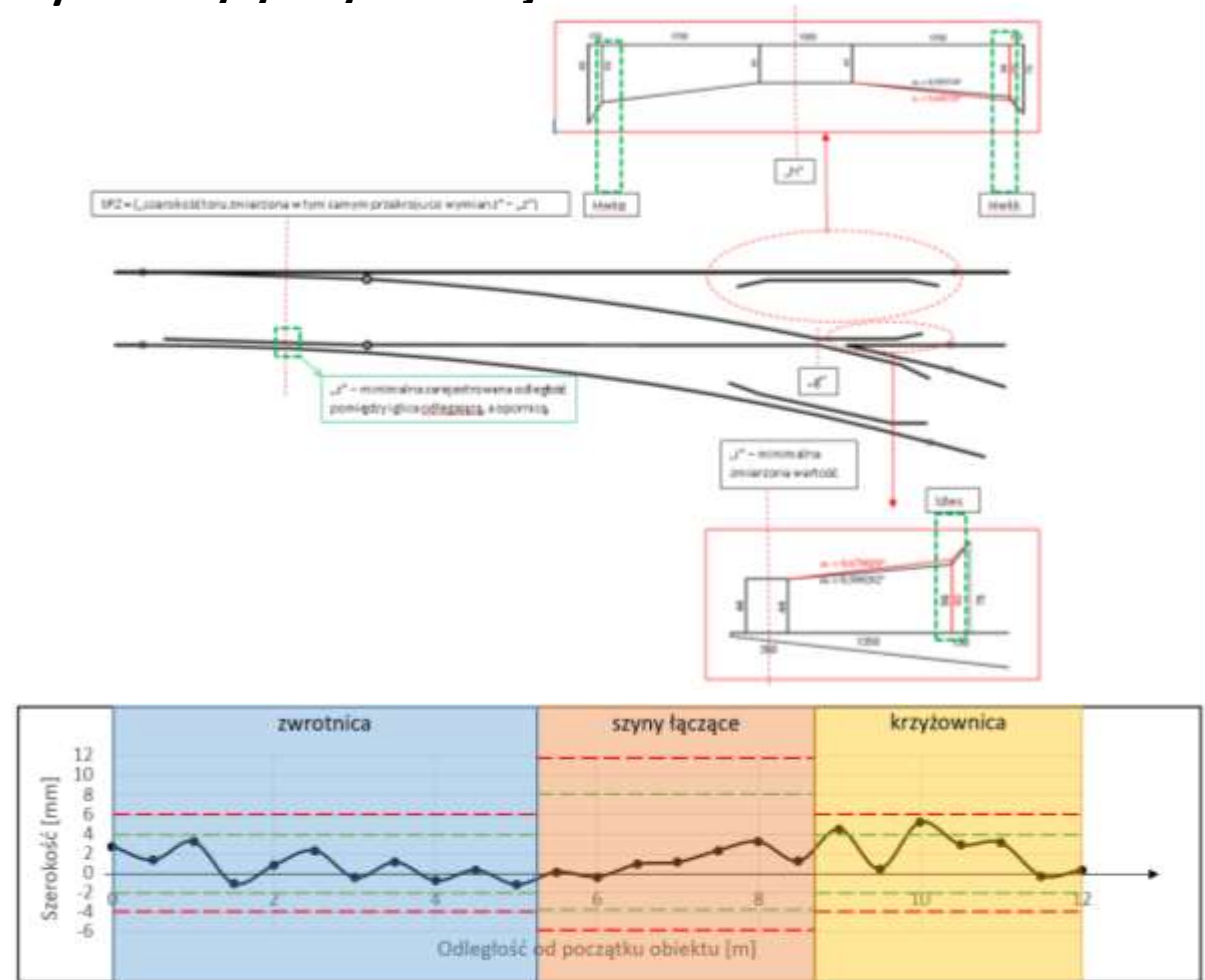
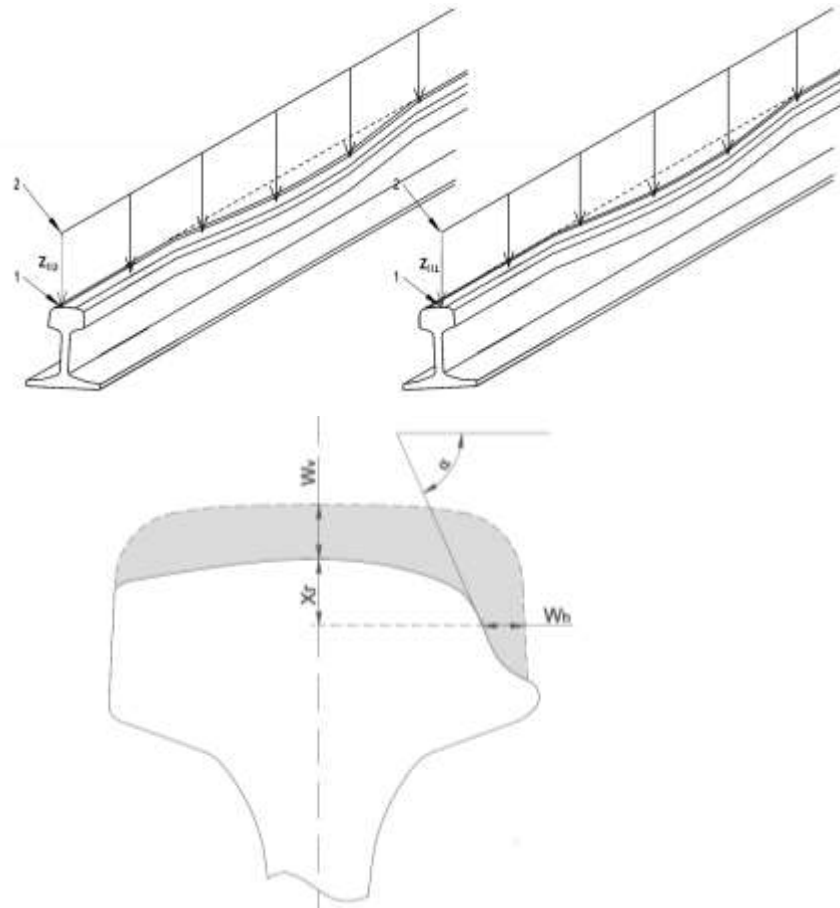
# System diagnostyczny

## Wideo-inspekcja wskaźników i inspekcja pryzmy podsypki



$L$  – całkowita wysokość słupka  
 $L_z$  – wysokość określająca położenie wskaźnika od główki szyny  
 $L_x$  – odległość główki szyny od poziomu gruntu  
 $L_y$  – odległość tablicy wskaźnika od osi toru

## Pomiary geometrii toru, profilu poprzecznego szyny i wymiar krytycznych w rozjazdach



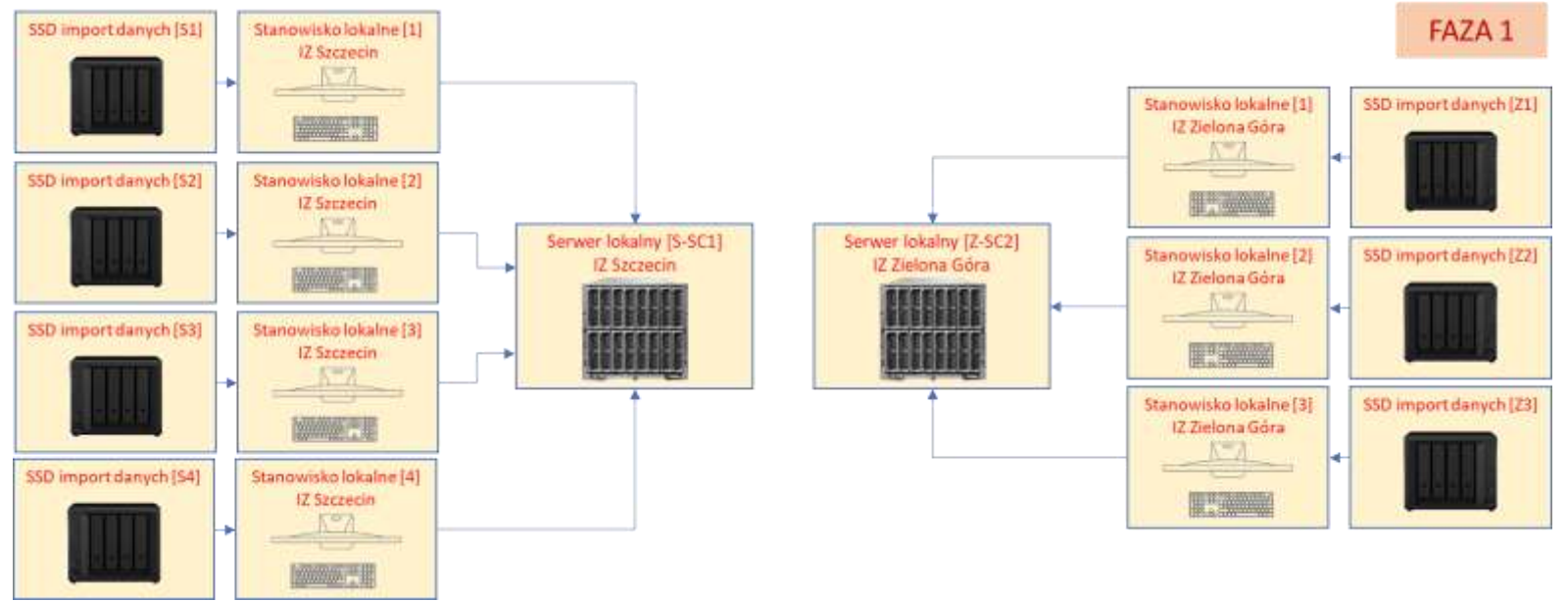
# Podział sieci na obszary AOT



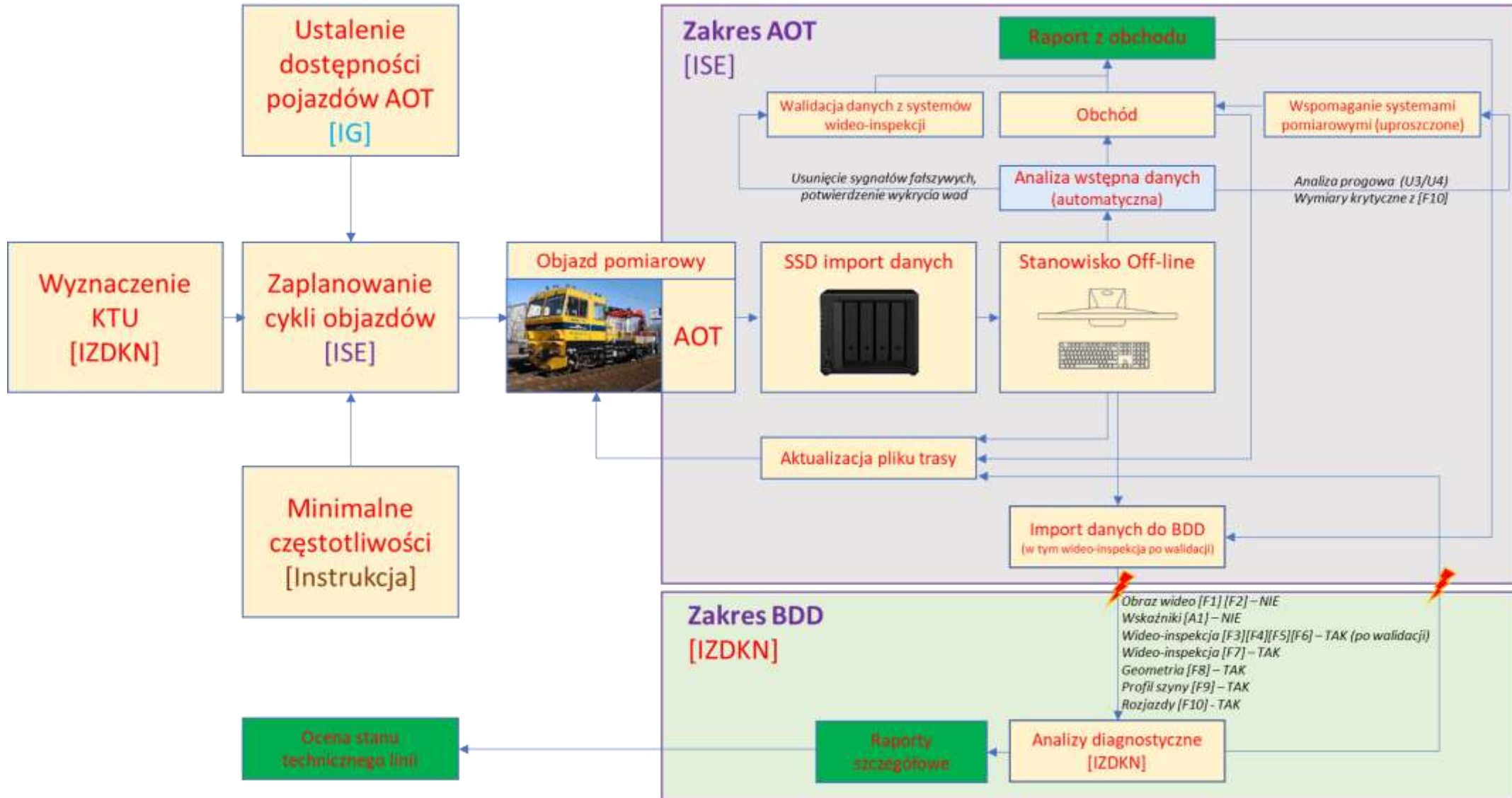
	Dni pomiarowe																									liczba kilometrów	dni kalendarzowe
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25		
Pojazd_1	x	Obszar 1																								8400	35
Pojazd_2	Obszar 1				x	Obszar 2																					
Pojazd_3	Obszar 2						x	Obszar 3																			
Pojazd_4	Obszar 3						x	Obszar 4																			
Pojazd_5	Obszar 4										x	Obszar 5															
Pojazd_6	Obszar 5														x	Obszar 6											
Pojazd_7	Obszar 6																		x	Obszar 7							
Pojazd_8	Obszar 7																						x				
x																									- czas wyłączenia pojazdu z pomiarów (1 dz. - powrót do KG, 1 dz. - powrót do obszaru N, 2 dn. - czynności utrzymaniowe)		

Etap realizacji projektu	Pojazd AOT [szt.]	Stanowisko lokalne [szt.]	Serwery lokalne [szt.]	Szkolenia [osób]
1 etap (2024 - 2027)	1	7	2	31
2 etap (2028 - 2029)	2	16	6	64
3 etap (2029 - 2030)	2	13	6	61
4 etap (2030 - 2032)	3	24	9	92
<b>SUMA</b>	<b>8</b>	<b>60</b>	<b>23</b>	<b>248</b>

# Realizacja automatycznego dozorowania



# Wstępny schemat realizacji automatycznego dozoru



# Realizacja automatycznego dozorowania



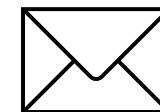
- 1 Zaplanowanie harmonogramujazd referencyjnych [pojazdu AOT] przez IG dla [Obszaru 1]

Określenie okien czasowych dla danego IZ (długość linii/300 km -> liczba dni pomiarowych + 1 dzień na transfer danych):

Dla IZ Zielona Góra: długość torów = 1899,5 km;  $1899,5/300 = 6,3$  -> 7 dni pomiarowych + 1 dzień na transfer. Łączny przydzielony czas: **8 dni roboczych**

Dla IZ Szczecin: długość torów = 2608,1 km;  $2608,1/300 = 8,7$  -> 9 dni pomiarowych + 1 dzień na transfer. Łączny przydzielony czas: **10 dni roboczych**

- 2 Poinformowanie Zakładów objętych [Obszarem 1] o przydzielonych ramach czasowych dla pojazdów AOT



# Realizacja automatycznego dozorowania

## 3 Rozdzielenie przydzielonego czasu przez IZ lub ISE

- IZ Zielona Góra: 8 dni roboczych,
- ISE Czerwieńsk: 2 dni robocze,
- ISE Krzyż: 3 dni robocze,
- ISE Zbąszynek: 2 dni robocze,
- Dzień 8: powrót do bazy, zgranie danych, przekazanie do kolejnego IZ

	[POJAZD AOT] nr 1	Pon.	Wt.	Śr.	Czw.	Pią.	So.	Nd.	Pon.	Wt.	Śr.
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
		IZ Zielona Góra	ISE Czerwieńsk (657 km)	300	300	57					
	ISE Krzyż Wlkp. (734 km)			243	300	191					
	ISE Zbąszynek (508 km)					109			300	99	tra

- IZ Szczecin: 10 dni roboczych,
- ISE Stargard: 2 dni robocze,
- ISE Świnoujście: 1 dzień roboczy,
- ISE Szczecin Główny: 2 dni robocze,
- ISE Szczecinek: 2 dni robocze,
- ISE Koszalin: 2 dni robocze,
- Dzień 10: powrót do bazy, zgranie danych, przekazanie do IG

		Czw.	Pią.	So.	Nd.	Pon.	Wt.	Śr.	Czw.	Pią.	So.	Nd.	Pon.	Wt.	Śr.
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
		IZ Szczecin	ISE Stargard (510 km)	300	210										
	ISE Świnoujście (393 km)		90			300	3								
	ISE Szczecin Główny (560 km)						297	263							
	ISE Szczecinek (733 km)							37	300	300			96		
	ISE Koszalin (410 km)												204	206	tra

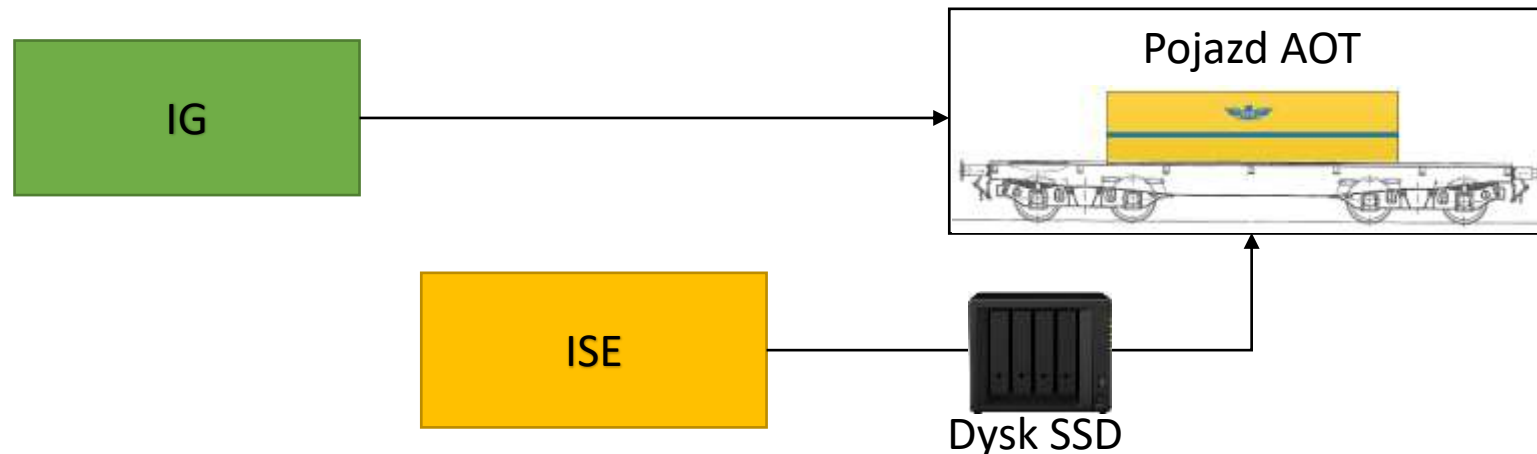
# Realizacja automatycznego dozorowania

- 4 Potwierdzenie przez ISE zdolności do realizacji objazdów, zabezpieczenie wózka motorowego wraz z kierowcą i wystąpienie o rozkład jazdy dla zaplanowanych objazdów  
*(Jeżeli któraś ISE nie będzie w danym oknie czasowym w stanie wykonać objazdów, IZ może spróbować zmienić harmonogram)*



- 5 Dostarczenie [pojazdu AOT] do siedziby IZ (lokalizacja [stanowisk lokalnych] i dysków przenośnych)  
*(Do omówienia zakres odpowiedzialności przy przewożeniu pojazdu pomiędzy IG i Obszarami AOT)*

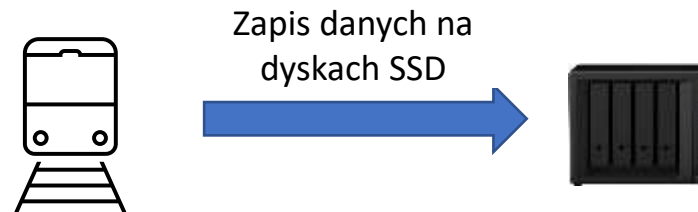
- 6 Pracownicy IZ/ISE montują swój dysk przenośny (1 do pojazdu + 1 zapasowy u pracownika)  
*(IZ będzie miał lepszą wiedzę o miejscach wymagających szczególnej uwagi i nie będzie wymagało pracy w delegacji)*



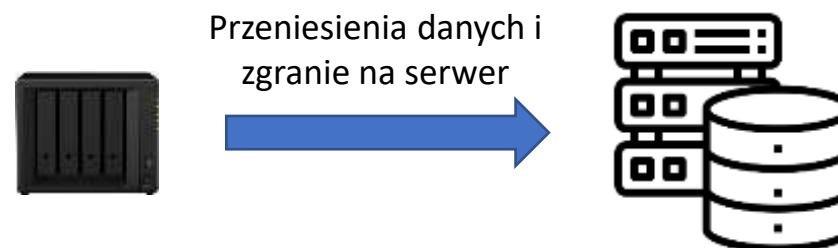


# Realizacja automatycznego dozoru

- 7 Realizacja objazdu i kontrola działania systemów podczas objazdów inspekcyjnych (do 400 km inspekcji dziennie) operator [Systemu Diagnostycznego] na pojeździe aktywuje System i w trakcie objazdu sprawdza ich stan oraz pilotuje maszynistę po liniach i torach objętych automatycznym dozorem. Średni dzienny dystans ok. 300 km



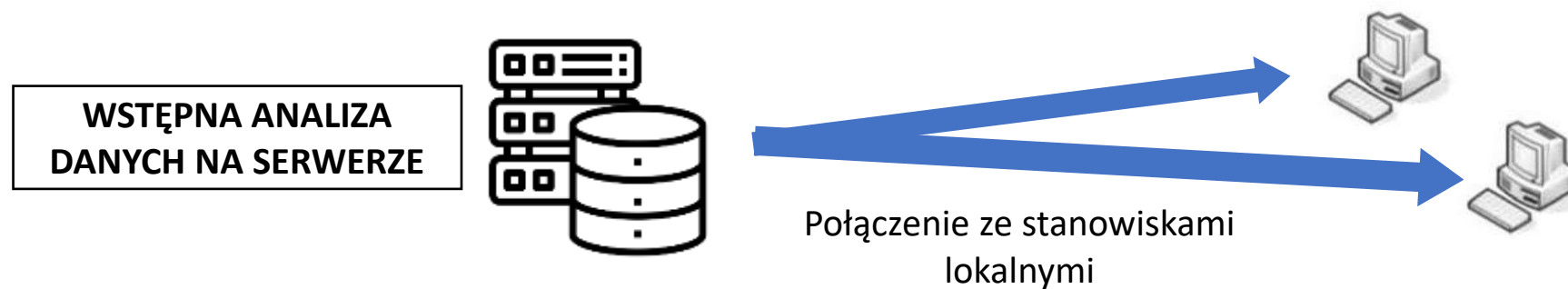
- 8 Po wykonaniu inspekcji na całym IZ lub po częściowym objeździe i przejeździe w pobliżu siedziby Zakładu zgranie danych do [serwera lokalnego] w siedzibie IZ  
czas zgrywania danych w zależności od ilości zebranych danych – od 400km do 1200km (pojemność na max 3 dni) wynosić będzie odpowiednio od 30 do 90 min



# Wstępna analiza przez algorytmy na serwerze

9

Wstępna analiza danych zebranych podczas objazdów inspekcyjnych przez system na [stanowisku stacjonarnym] Czas wstępnej analizy z 3 dni pomiarów (do 1200 km) wynosi 60 h (20 h dla 400 km) stąd konieczność wymogu kaskadowej obróbki. Trasa dzielona np. na 100 km odcinki, po obróbce odcinka możliwość jego analizy na stanowisku lokalnym, równoległe do dalszej obróbki kolejnych odcinków na serwerze.



- Zastosowanie algorytmów bazujących na sztucznej inteligencji w oprogramowaniu na serwerze umożliwi wstępną obróbkę danych, wykrycie potencjalnych miejsc wymagających weryfikacji oraz ewentualnie podjęcia decyzji diagnostycznej przez operatora.
- Algorytmy do skutecznego wykrywania wad wymagać będą odpowiedniej porcji odpowiednio opisanych i sklasyfikowanych danych do prawidłowego wyuczenia rozpoznawania różnego rodzaju wad. System może zatem wymagać czasu oraz odpowiedniego czasu wdrożenia, żeby osiągnąć oczekiwaną wykrywalność wad.

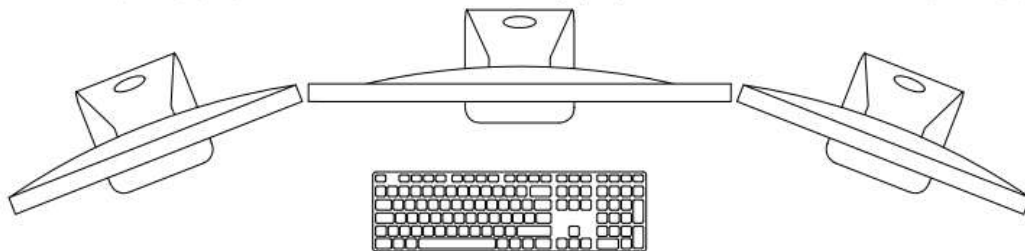
## 10 Analiza i ocena danych przez pracownika na [stanowisku lokalnym]



Monitor strony lewej (ML)

Monitor centralny (MC)

Monitor strony prawej (MR)



- Wykonywanie analizy na dedykowanym, ergonomicznym stanowisku zlokalizowanym w siedzibie Zakładu, wyposażonym w trzy monitory o wysokiej rozdzielczości obrazu.
- Realizacja „wirtualnego objazdu” odbywać się będzie z prędkością 20-30 km/h.
- Alerty przygotowane podczas wstępnej obróbki będą zatrzymywały odtwarzanie podglądu szlaku i wymagały podjęcia działania przez operatora poprzez zaakceptowanie usterki i sugerowanego progu, zaakceptowanie usterki i ale ze zmianą klasyfikacji usterki lub odrzucenie usterki jako pozornej.
- Oprogramowanie umożliwi również porównywanie jazd inspekcyjnych (zapis na serwerze 3 jazd z tego samego odcinka), dodawanie komentarzy oraz tworzenie raportów diagnostycznych.

**Dziękuję za uwagę**