

**Pojawienie się zagrożenia korozją na skutek oddziaływań prądów  
błądzących na gazociągu zabezpieczonym powłoką 3LPE**

**Analiza przypadku: Zagrożenie korozyjne na skutek  
utrąty sprawności przez monoblok izolujący.**

**Autorzy:**

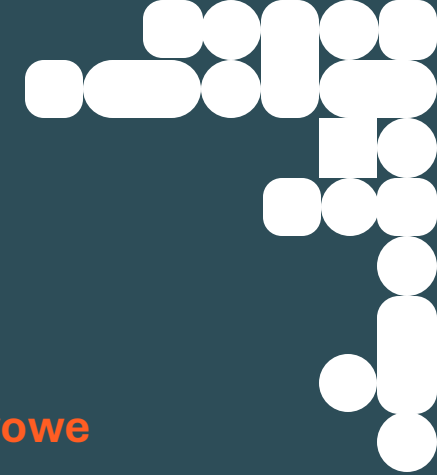
*Michał Jagiełło (GAZ-SYSTEM, Oddział w Gdańsku)*

*Kacper Mierzwa (GAZ-SYSTEM, Oddział w Gdańsku)*

## AGENDA

- ❖ Wstęp
- ❖ Ogólne informacje o metodzie korelacyjnej
- ❖ Omówienie przypadku
- ❖ Model przypadku
- ❖ Podsumowanie
- ❖ Wnioski





## GAZ-SYSTEM S.A.



### Informacje podstawowe

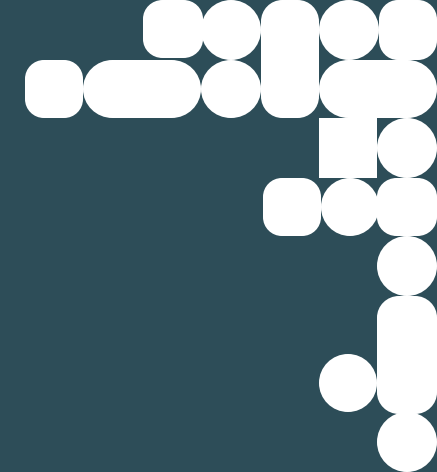


- ❖ 12 151 km – długość sieci przesyłowej
- ❖ 840 – stacje gazowe
- ❖ 14 – tłocznie gazu
- ❖ 16,9 mld m<sup>3</sup> - wielkość przestanego paliwa gazowego



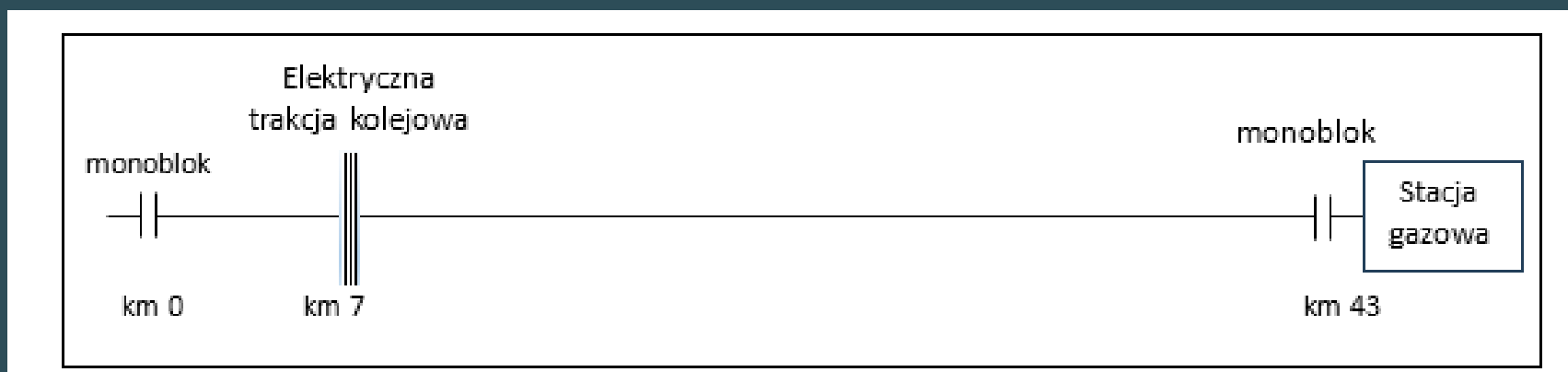
## Wstęp

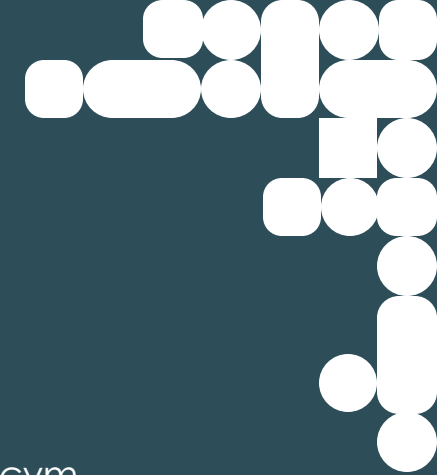
- ❖ Kontekst: Gazociąg wysokiego ciśnienia poddany oddziaływaniu prądów błędzących
- ❖ Problem: Pojawienie się zagrożenia korozyjnego spowodowanego oddziaływaniem prądów błędzących
- ❖ Ważny punkt zwrotny: Utrata sprawności przez monoblok izolujący zlokalizowany ponad 30 km od skrzyżowania z torami kolejowymi



## Uproszczony schemat gazociągu

- ❖ Monobloki izolujące na km 0 oraz km 43.
- ❖ Skrzyżowanie z trakcją kolejową na km 7.
- ❖ Usterka monobloku pozostała niezauważona bezpośrednio.
- ❖ Przed usterką rurociąg i stacja gazowa były chronione katodowo przy zbliżonym Eon.



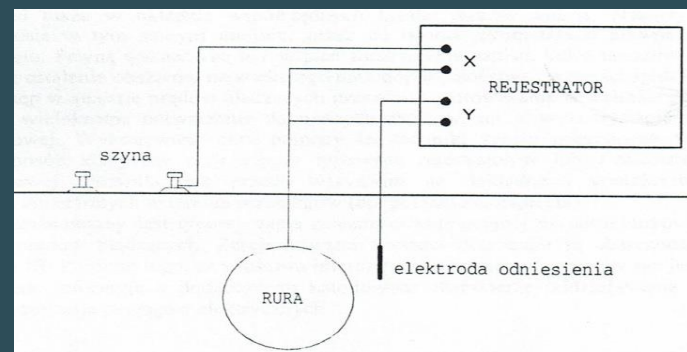


## Uproszczony schemat gazociągu

- ❖ Utrata sprawności przez monoblok na wejściu do stacji gazowej na km 43, polegająca na znaczącym zmniejszeniu rezystancji wzdłużnej, pojawiła się po kilku tygodniach od przejścia tłoka magnetycznego.
- ❖ Fakt ten nie został zasygnalizowany przez stosowany tu uproszczony zdalny monitoring! Monitorowany potencjał Eon gazociągu nie uległ zmianie, monitorowane prądy polaryzacji SOK gazociągu i SOK stacji gazowej także nie wykazały żadnych zmian.
- ❖ Niesprawność monobloku została odkryta dopiero po wykonaniu pomiarów oddziaływań prądów błędzących na skrzyżowaniu z trakcją km 7.

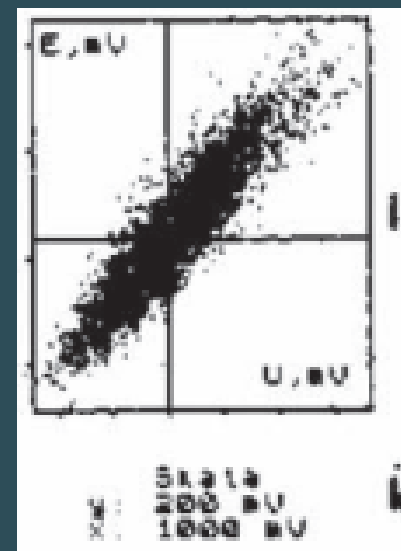
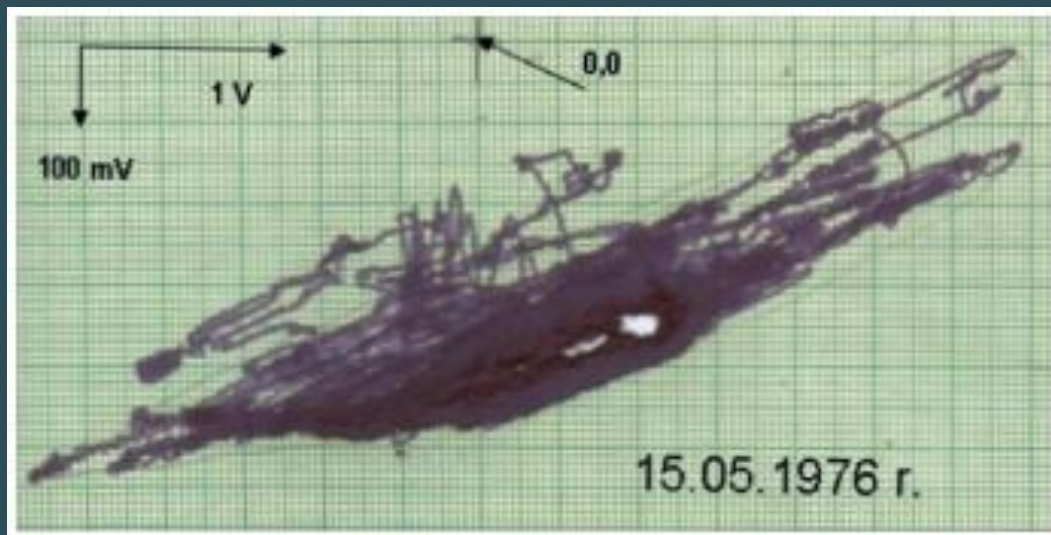
## Trochę historii – metoda korelacyjna

- ❖ Opracowana przez dra Wojciecha Sokólskiego (lata 70/80)
- ❖ Przyczyna: Ocena ryzyka zagrożenia korozyjnego dla podziemnych rurociągów **bez ochrony katodowej** w miastach
- ❖ Podstawa: Korelacja pomiędzy potencjałem rurociągu a sygnałem pochodzącym od źródła prądów błędzących (U)



## Trochę historii – metoda korelacyjna

- ❖ Historyczne widma korelacyjne



Pierwsze widmo korelacyjne uzyskane na rejestratorze X,Y i pierwsze wydruki pomiarów korelacyjnych prądów błądzących uzyskane z rejestratora cyfrowego

## Metodyka pomiarowa w „metodzie korelacyjnej”

Pomiary wykonywane w czasie ~30 minut:

- ❖ Potencjał rurociągu (E)
- ❖ Sygnał proporcjonalny do natężenia prądu błędzącego, najczęściej napięcia pomiędzy rurociągiem a szynami (U)

Wykres korelacyjny: E vs. U

- ❖ Analiza statystyczna zmian potencjału rurociągu
- ❖ Wyznaczenie tzw. potencjału stacjonarnego  $E_s$
- ❖ Obliczenie tzw. współczynnika asymetrii zmian potencjału  $\gamma$

$$\gamma = n+/n \quad (\gamma = t+/t)$$

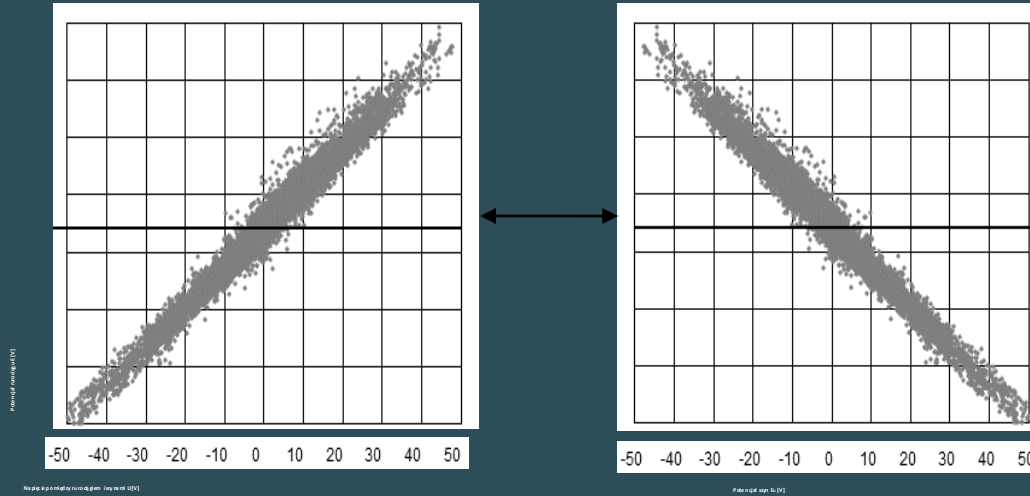
gdzie:  $n+$  jest liczbą próbek gdy  $E > E_s$ , a  $n$  liczbą wszystkich próbek ( $t+$  - czas w którym  $E > E_s$ ,  $t$  - łączny czas).

**Im wyższy współczynnik asymetrii tym większe zagrożenie korozyjne**

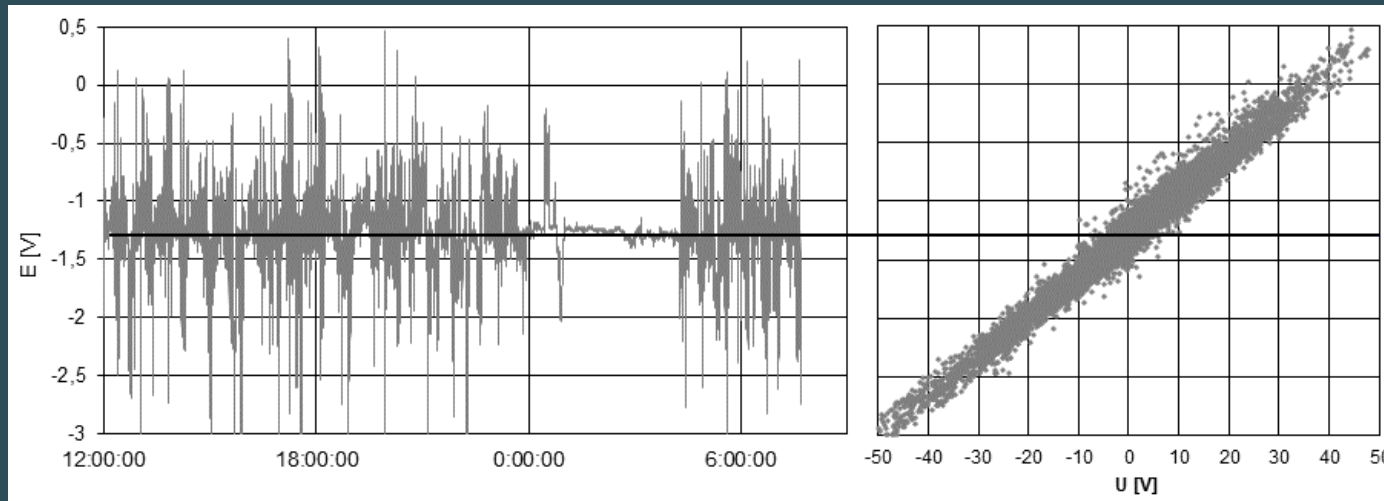
Zagrożenie korozją na skutek oddziaływań prądów błędzących nie występuje jeśli  $\gamma < 0,3$



## Wykresy korelacyjne – przykłady.



Patrząc od strony formalnej, napięcie pomiędzy rurociągiem i szynami (U) nie zawsze będzie wielkością powiązaną w sposób niezależny jedynie z badanym źródłem prądów błądzących. Zamiast U poprawniejsze jest wykonywanie pomiaru potencjału szyn  $E_u$ . Wykres korelacyjny przyjmowałby wówczas trochę inny obraz .



Przykładowy wykres rejestracji potencjału Eon rurociągu chronionego katodowo.

Wykres korelacyjny

Potencjał E w porze nocnej jest taki sam jak potencjał E dla  $U \approx 0$  V

# Adaptacja metody korelacyjnej i ocena zagrożenia w GAZ-SYSTEM Oddział w Gdańsku

## Przed wprowadzeniem normy EN ISO 21857

Przed pojawieniem się normy EN ISO 21857, ocena skuteczności ochrony katodowej w strefie oddziaływań prądów błędzących przeprowadzana była głównie w oparciu o analizę charakterystyki zmian potencjału załączeniowego gazociągu Eon.

Rozważano 3 przedziały:

- ❖  $E_{on} < -1.3 \text{ V}$
- ❖  $E_{on} = -1.3 \div -0.95 \text{ V}$
- ❖  $E_{on} > -0.95 \text{ V}$

Uzupełnienie metodyki:

- ❖ Odkrywki gazociągów.
- ❖ Pomiary na czujnikach korozymetrycznych oraz sondach

Przyjęto ostrożne założenie, że okres, w którym potencjał gazociągu jest bardziej dodatni niż  $E_{on} > -0.95 \text{ V}$  nie powinien być dłuższy niż ok. 10% czasu rejestracji.

Generalnie, jak się okazało, ten sposób oceny był dużo bardziej zachowawczy (konserwatywny) w porównaniu z oceną wg kryterium EN ISO 21857.

## Adaptacja metody korelacyjnej i ocena zagrożenia w GAZ-SYSTEM Oddział w Gdańsku)

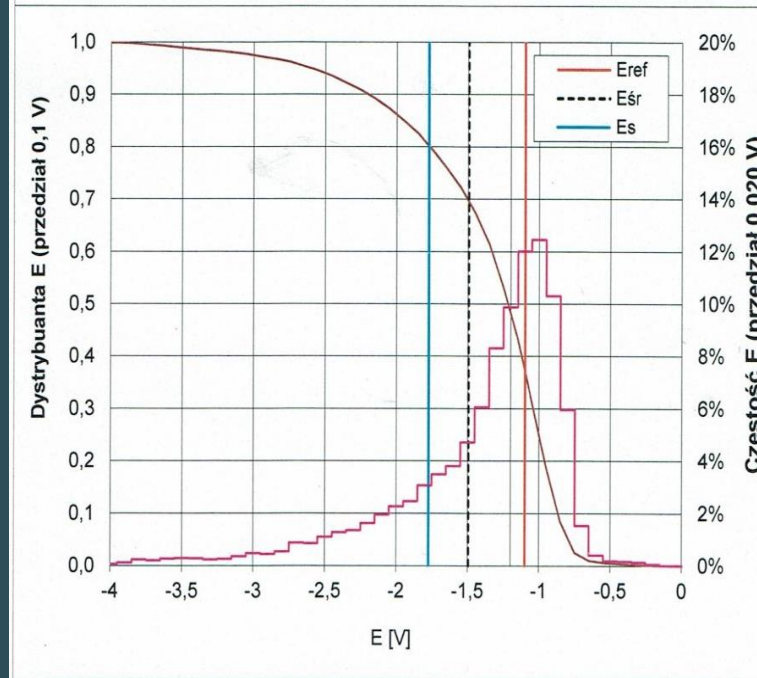
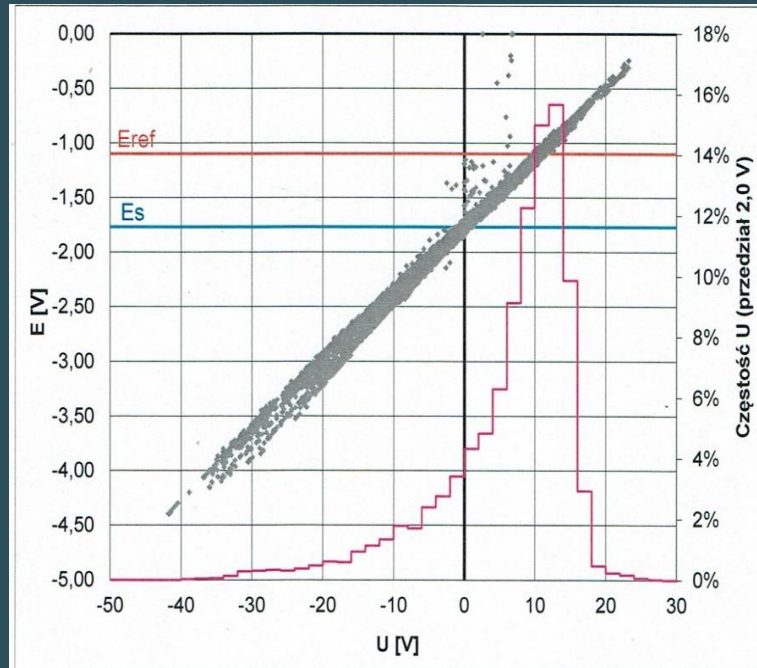
Przeszłe doświadczenia:

- ▶ Bazowanie na Eon, Ipol
- ▶ Montaż czujników korozymetrycznych w przypadkach wątpliwych

Po wprowadzeniu standardów:

- ▶ PN-EN 50162 & EN ISO 21857

Kompleksowa ocena bazująca na doświadczeniach, wynikach i metodyce norm.

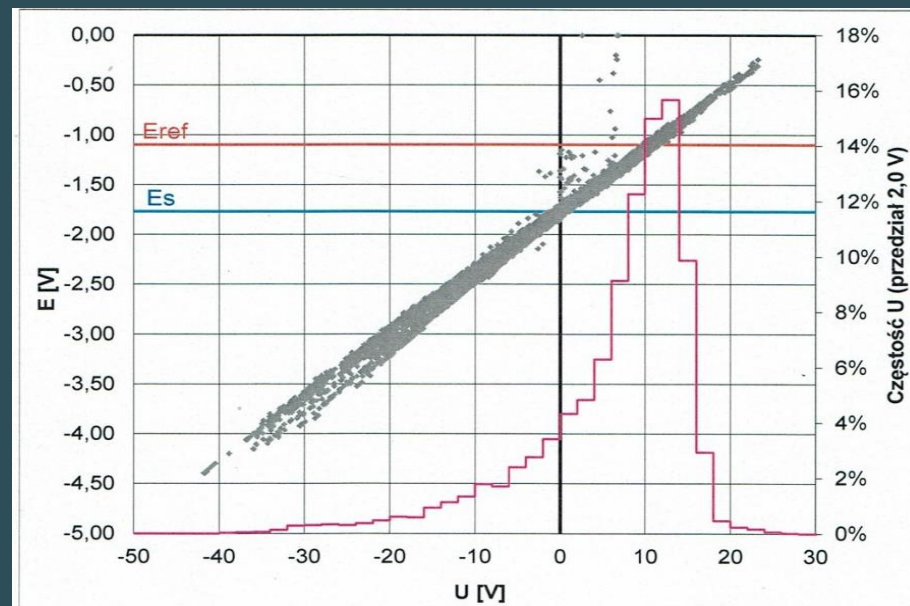


Czas pomiaru [gg:mm:ss]	
tcałk.	24:00:00
tśr. próbk. [sek]	01,00
tE+ (Eref)	5:59:56
tE+ (Es)	18:27:02
Potencjały Eref, Es [V]	
Eref	-1,100
Es	-1,772
Napięcie gaz - szyny U [V]	
Umax	25,70
Umin	-41,76
Umax (0,95)	13,66
Umin (0,05)	-14,82
Uśr	4,34
Potencjał E [V]	
E <sub>max</sub>	0,003
E <sub>min</sub>	-4,430
E <sub>max</sub> (0,95)	-0,900
E <sub>min</sub> (0,05)	-2,702
Eśr	-1,495
$\Delta E_{aśr}$	0,033
$\Delta E_{cśr}$	-0,428
Nachylenie [V/V]	
E,U	0,064
Wsp. korelacji	
U,E	0,997
Wsp. asymetrii	
$\gamma_{Eref}$	0,250
$\gamma_{Es}$	0,768
$\gamma_U$	0,769
Kryteria ISO 21857	
Qc	-36947
Qa	2822
T <sub>max+</sub> [sek]	532
0,004*T <sub>max+</sub>	2,1
Q	12,1
<b>Q &gt;= 0,004*T<sub>max+</sub></b>	
E <sub>ref</sub> - $\Delta E_{aśr}$	-1,133
Eśr	-1,495
<b>Eśr ≤ E<sub>ref</sub> - <math>\Delta E_{aśr}</math></b>	

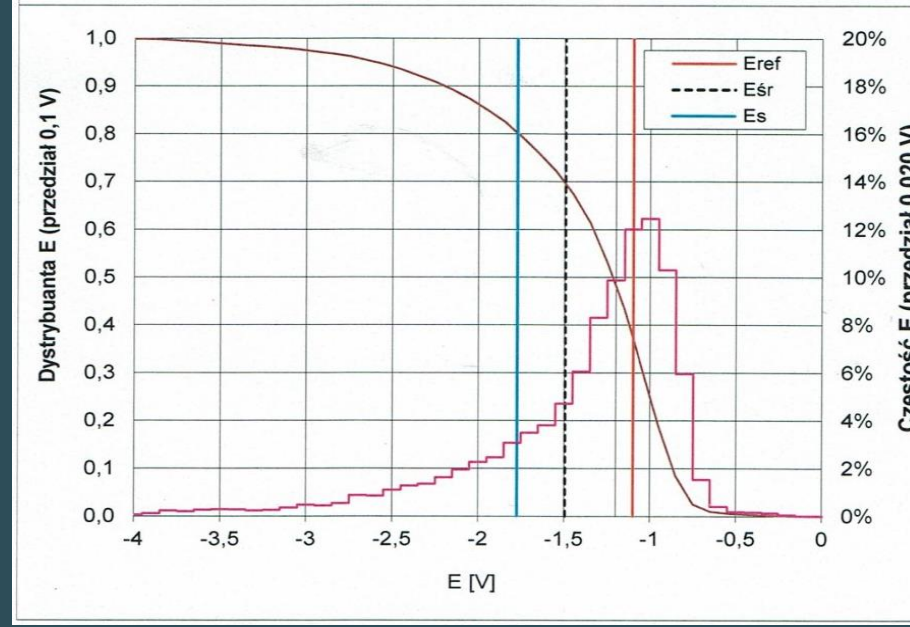
## Adaptacja metody korelacyjnej i ocena zagrożenia w GAZ-SYSTEM Oddział w Gdańsku)

W przypadkach wątpliwych, montowane są w rejonie skrzyżowań z trakcją czujniki korozymetryczne. Jeden z czujników zamontowano w miejscu skrzyżowania gazociągu z trakcją, dla którego wyniki pomiarów przedstawiono na rys

W okresie pięciu lat od montażu nie odnotowano na tym czujniku mierzalnego ubytku korozyjnego. W miejscu tym spełnione jest kryterium skutecznej ochrony katodowej wg EN ISO 21857.



<b>Czas pomiaru [gg:mm:ss]</b>	
tcałk.	24:00:00
tśr. próbk. [sek]	01,00
tE+ (Eref)	5:59:56
tE+ (Es)	18:27:02
<b>Potencjały Eref, Es [V]</b>	
Eref	-1,100
Es	-1,772
<b>Napięcie gaz - szyny U [V]</b>	
Umax	25,70
Umin	-41,76
Umax (0,95)	13,66
Umin (0,05)	-14,82
Uśr	4,34
<b>Potencjał E [V]</b>	
E <sub>max</sub>	0,003
E <sub>min</sub>	-4,430
E <sub>max</sub> (0,95)	-0,900
E <sub>min</sub> (0,05)	-2,702
E <sub>śr</sub>	-1,495
ΔE <sub>aśr</sub>	0,033
ΔE <sub>cśr</sub>	-0,428
<b>Nachylenie [V/V]</b>	
E,U	0,064
<b>Wsp. korelacji</b>	
U,E	0,997
<b>Wsp. asymetrii</b>	
γ <sub>Eref</sub>	0,250
γ <sub>Es</sub>	0,768
γ <sub>U</sub>	0,769
<b>Kryteria ISO 21857</b>	
Q <sub>c</sub>	-36947
Q <sub>a</sub>	2822
T <sub>max+</sub> [sek]	532
0,004*T <sub>max+</sub>	2,1
Q	12,1
<b>Q ≥ 0,004*T<sub>max+</sub></b>	
E <sub>ref</sub> -ΔE <sub>aśr</sub>	-1,133
E <sub>śr</sub>	-1,495
E <sub>śr</sub> ≤ E <sub>ref</sub> - ΔE <sub>aśr</sub>	



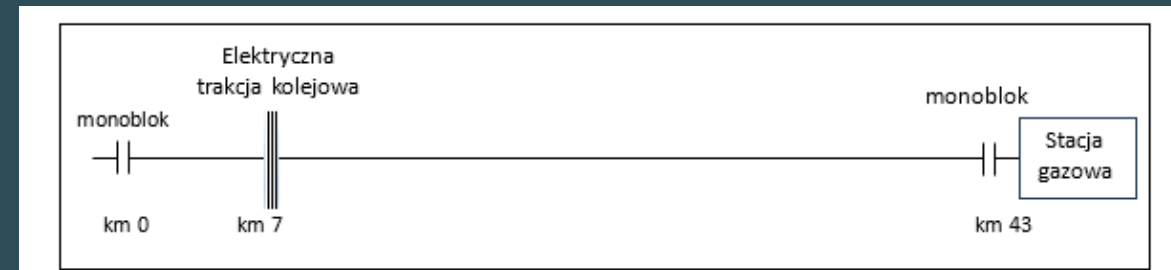


## Analiza przypadku

### Specyfikacja gazociągu:

Parametr / Szczegół	Wartość / Opis
Długość	43 km
Średnica (DN)	700
Ciśnienie PN	8,4 MPa
Powłoka	3LPE – gazociąg wysokiej szczelności
Średnia jednostkowa rezystancja przejścia izolacji	$\sim 2.6 \times 10^7 \Omega \cdot m^2$
Rezystancja przejścia, $R_{CO}$	270 $\Omega$
Roboczy prąd polaryzacji ( $I_{pol}$ )	$\approx 1.0 \text{ mA}$
Średni potencjał (Eon)	$\approx -1.36 \text{ V}$
Szczegół km 0	Monoblok sprawny
Szczegół km 7	Skrzyżowanie z trakcją kolejową
Szczegół km 43	Monoblok (niesprawny)
Szczegół km 43	Stacja gazowa

W warunkach niezakłóconych ochrona katodowa gazociągu w sposób skuteczny zabezpiecza gazociąg przed korozją na całej długości, w tym - przed zagrożeniem korozyjnym powodowanym przez prądy błądzące w rejonie skrzyżowania z trakcją na km 7



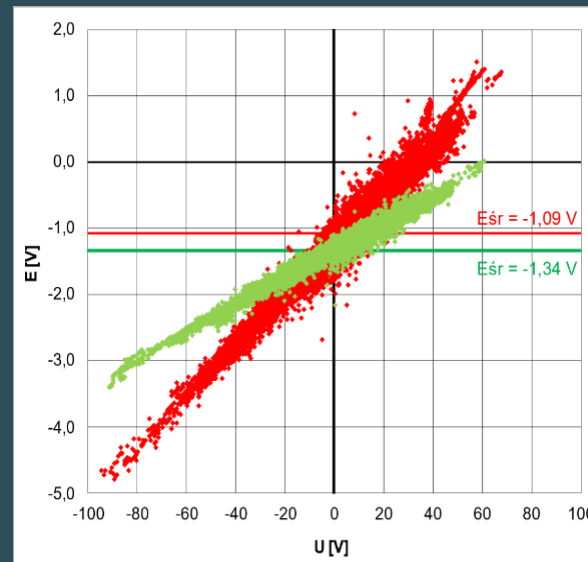
## Analiza przypadku

### Przed vs. Po utracie sprawności przez monoblok izolujący:

- ❖ średni potencjał gazociągu  $E_{sr}$  przesunął się o 250 mV w stronę wartości dodatnich z -1,34 V do -1,09 V)
- ❖ średnie przesunięcie potencjału w kierunku dodatnim  $\Delta E_{sr+}$  w stosunku do przyjętego potencjału referencyjnego  $E_{ref} = -1,1$  V zwiększyło się z 23 mV do 169 mV
- ❖ nachylenie widma korelacji E,U zwiększyło się dwukrotnie z 0,02 do 0,04 V/V
- **Green:** monoblok km 43 sprawny
- **Red:** po utracie sprawności monobloku km 43

Rezultat:

Zagrożenie korozyjne w rejonie skrzyżowania km 7 – brak spełnionego kryterium EN ISO 21857



$E_{ref} = -1,1$  V

$\Delta E_{sr+} = 23$  mV  
nachylenie E,U = 0,02 V/V

$\Delta E_{sr+} = 169$  mV  
nachylenie E,U = 0,04 V/V

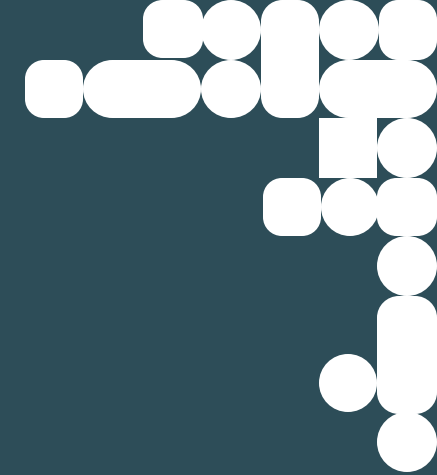
Wyniki pomiarów oddziaływań prądów błądzących na skrzyżowaniu gazociągu z elektryczną trakcją kolejową na km 7,0.

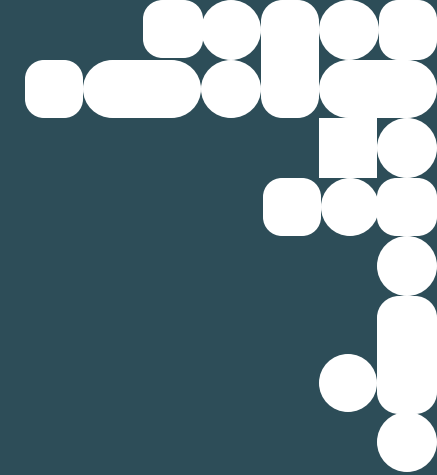
Przebiegi zmian napięcia gazociąg – szyny U (potencjału szyn -EU) i potencjału gazociągu E oraz wykres korelacyjny U,E w wybranym przedziale czasu dla rejestracji przeprowadzonych w dwóch różnych okresach

## Wyjaśnienie mechanizmu zmian charakterystyki oddziaływań prądów błędnych na gazociąg wskutek zmniejszenia rezystancji wzdłużnej monobloku przed stacją gazową

W modelu przyjęto pewne uproszczenia, które jednak nie mają istotnego wpływu na mechanizm zmian potencjału podziemnego rurociągu, poddanego oddziaływaniom prądów błędnych z trakcji elektrycznej:

- ❖ podziemny rurociąg nie jest chroniony katodowo
- ❖ rurociąg pokryty jest powłoką izolacyjną o wysokim poziomie szczelności, w której występują nieliczne pojedyncze defekty
- ❖ rurociąg krzyżuje się tylko w jednym miejscu z tracją elektryczną
- ❖ Dobrano dwa pojedyncze wypadkowe defekty izolacji:
  - ❖ Defekt "A" o rezystancji rozptywu  $R_A$ , będący wypadkowym defektem tych defektów, które usytuowane są w rejonie oddziaływania stożka napięciowego szyn.
  - ❖ Defekt "B" o rezystancji rozptywu  $R_B$ , reprezentujący defekty usytuowane poza stożkiem napięciowym, na ziemi odniesienia.
- ❖ lokalizację defektu „A” względem szyn oraz rezystancje rozptywu defektów „A” i „B” dobrano tak, by odzwierciedlona została stwierdzona w praktyce zmiana potencjału rurociągu mierzonego wzgl. bliskiej elektrody odniesienia na całej trasie rurociągu.
- ❖ przyjęto, że potencjały korozyjne defektów „A” i „B” są takie same i nie zmieniają się pod wpływem oddziaływań prądów błędnych  $E_{korA} = E_{korB} = E_0It$
- ❖ przyjęto, że rezystancje rozptywu defektów „A” i „B” nie zmieniają się pod wpływem oddziaływań prądów błędnych  $R_A = const.$ ,  $R_B = const.$





$$E = \frac{\sum \frac{E_i}{R_i}}{\sum \frac{1}{R_i}}$$

Wypadkowy potencjał rurociągu, w którym występuje wiele pojedynczych defektów izolacji określa wzór:

$$E = \frac{\frac{E_A}{R_A} + \frac{E_B}{R_B}}{\frac{1}{R_A} + \frac{1}{R_B}}$$

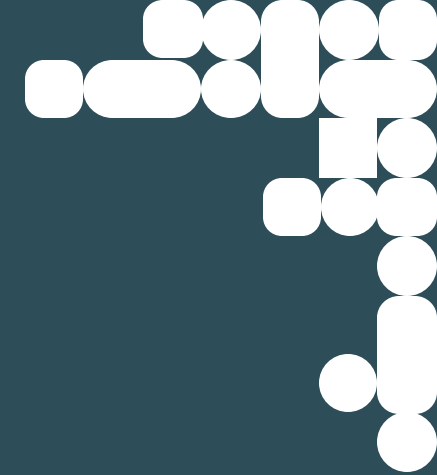
Dla dwóch defektów „A” i „B”:

$$E = E_B + \frac{E_A - E_B}{1 + \frac{R_A}{R_B}}$$

Po przekształceniu:

$$E = E_0 - \frac{U_A}{1 + \frac{R_A}{R_B}}$$

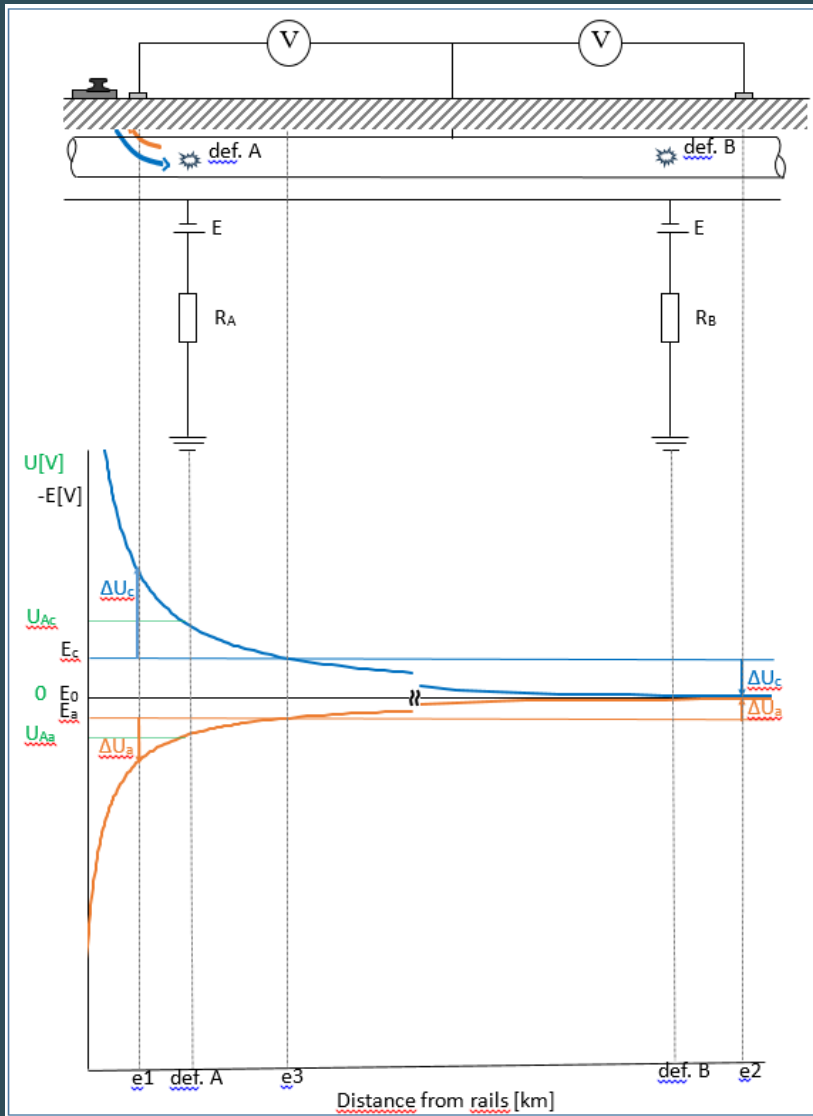
Po kolejnych przekształceniach wypadkowy potencjał rurociągu E będzie równy:



$$E = E_0 - \frac{U_A}{1 + \frac{R_A}{R_B}}$$

„Udział” defektu „A” w wypadkowym potencjale rurociągu będzie tym większy, im mniejszy będzie stosunek  $R_A/R_B$  (w uproszeniu, im większy będzie defekt „A” w stosunku do defektu „B”) oraz im wyższy będzie lokalny potencjał ziemi  $U_{a1}$  (w uproszczeniu, im bliżej szyn defekt „A” będzie usytuowany)

## Przypadek I



## Legenda

def. A – miejsce usytuowania na rurociągu defektu izolacji „A”,

def. B – miejsca usytuowania na rurociągu defektu izolacji „B””

e1, e2, e3 – miejsca usytuowania elektrod odniesienia przy pomiarze potencjału rurociągu,

$E_0$  – potencjał rurociągu przy braku oddziaływań prądów błędzących

$E_c$  – wypadkowy potencjał rurociągu podczas oddziaływań prądów błędzących katodowych (wypływających z szyn)

$E_a$  – wypadkowy potencjał rurociągu podczas oddziaływań prądów błędzących anodowych (wpływających do szyn),

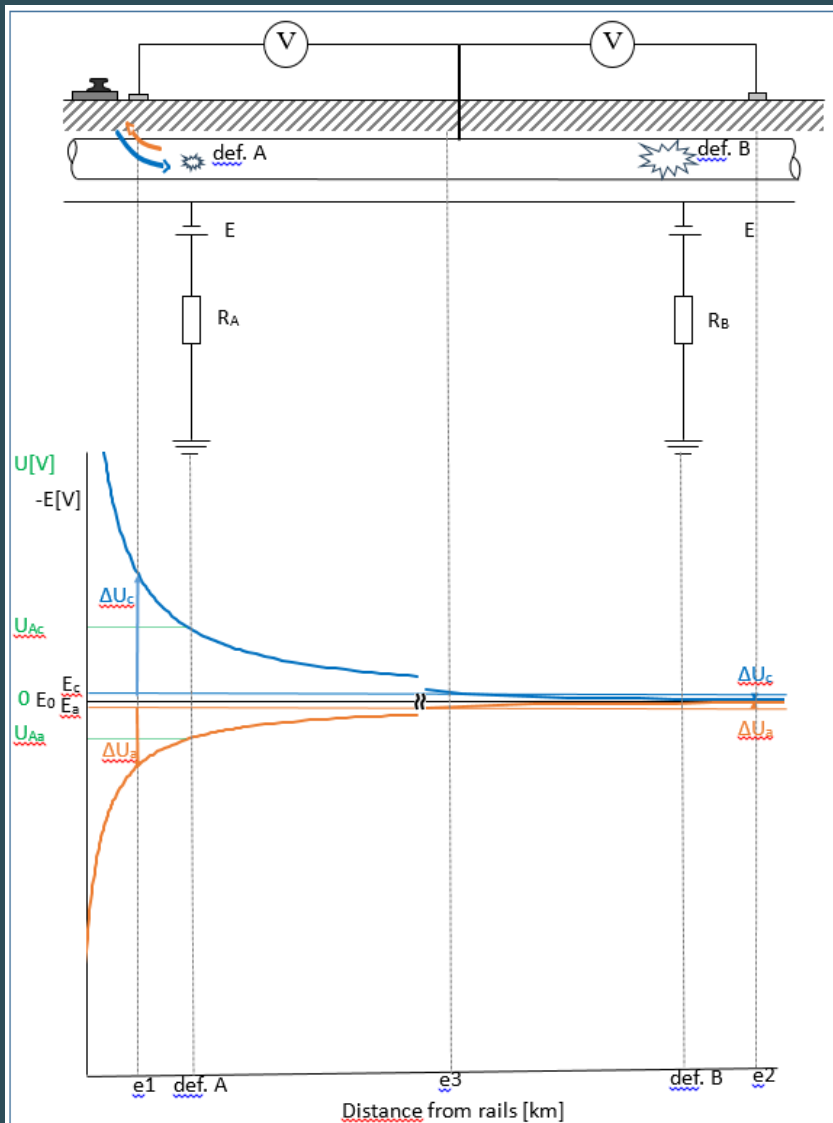
$U_{Ac}$  – potencjał ziemi w miejscu usytuowania defektu „A”, podczas oddziaływań prądów błędzących katodowych

$U_{Aa}$  – potencjał ziemi w miejscu usytuowania defektu „A”, podczas oddziaływań prądów błędzących anodowych

$\Delta U_c$  – zmiana potencjału rurociągu mierzonego względem elektrod odniesienia usytuowanych w e1 i e2 podczas oddziaływań prądów błędzących katodowych

$\Delta U_a$  – zmiana potencjału rurociągu mierzonego względem elektrod odniesienia usytuowanych w e1 i e2 podczas oddziaływań prądów błędzących anodowych

## Przypadek II



## Legenda

def. A – miejsce usytuowania na rurociągu defektu izolacji „A”,

def. B – miejsca usytuowania na rurociągu defektu izolacji „B””

e1, e2, e3 – miejsca usytuowania elektrod odniesienia przy pomiarze potencjału rurociągu,

$E_0$  – potencjał rurociągu przy braku oddziaływań prądów błędzących

$E_c$  – wypadkowy potencjał rurociągu podczas oddziaływań prądów błędzących katodowych (wypływających z szyn)

$E_a$  – wypadkowy potencjał rurociągu podczas oddziaływań prądów błędzących anodowych (wpływających do szyn),

$U_{Ac}$  – potencjał ziemi w miejscu usytuowania defektu „A”, podczas oddziaływań prądów błędzących katodowych

$U_{Aa}$  – potencjał ziemi w miejscu usytuowania defektu „A”, podczas oddziaływań prądów błędzących anodowych

$\Delta U_c$  – zmiana potencjału rurociągu mierzonego względem elektrod odniesienia usytuowanych w e1 i e2 podczas oddziaływań prądów błędzących katodowych

$\Delta U_a$  – zmiana potencjału rurociągu mierzonego względem elektrod odniesienia usytuowanych w e1 i e2 podczas oddziaływań prądów błędzących anodowych

## Wyjaśnienie modelu obu przypadków(RA/RB = 1 vs. RA/RB = 9)

### Przypadek I

$$E = E_0 - \frac{U_A}{2}$$

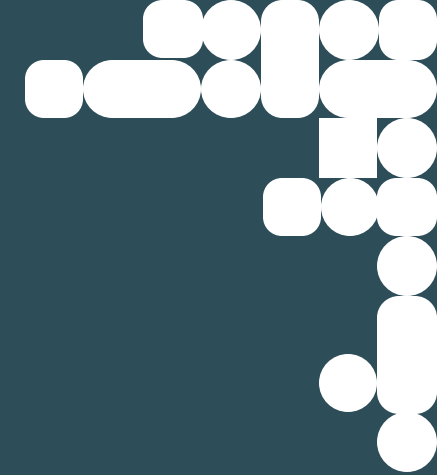
- W Przykładzie I oddziaływanie prądów błędnych spowoduje zmianę potencjału rurociągu także na jego końcowym odcinku, poza zasięgiem stożka napięciowego szyn. Zmiana potencjału będzie miała tu przeciwny znak, niż w rejonie skrzyżowania. W niektórych przypadkach najbardziej dodatnie potencjały i największe zagrożenie korozyjne stwarzane przez prądy błędne może występować właśnie na tym końcowym odcinku.
- Montaż np. sondy pomiarowej w sąsiedztwie trakcji, w celu badań oddziaływań prądów błędnych, może znacząco zakłócić charakter oddziaływań – w przyjętym modelu zmniejszy się rezystancja rozptywu wypadkowego defektu „A” i będzie on usytuowany bliżej trakcji, gdzie występuje większa skala zmian potencjału ziemi UA.
- Świadome „pogorszenie” izolacji rurociągu w sąsiedztwie trakcji, np. poprzez przyłączenie do rurociągu anody cynkowej, w której gałęzi zamontowany będzie odpowiednio dobrany rezystor, może poprzez zmianę wypadkowego potencjału rurociągu E zmniejszyć skalę oddziaływań prądów błędnych w rejonie skrzyżowania.

### Przypadek II

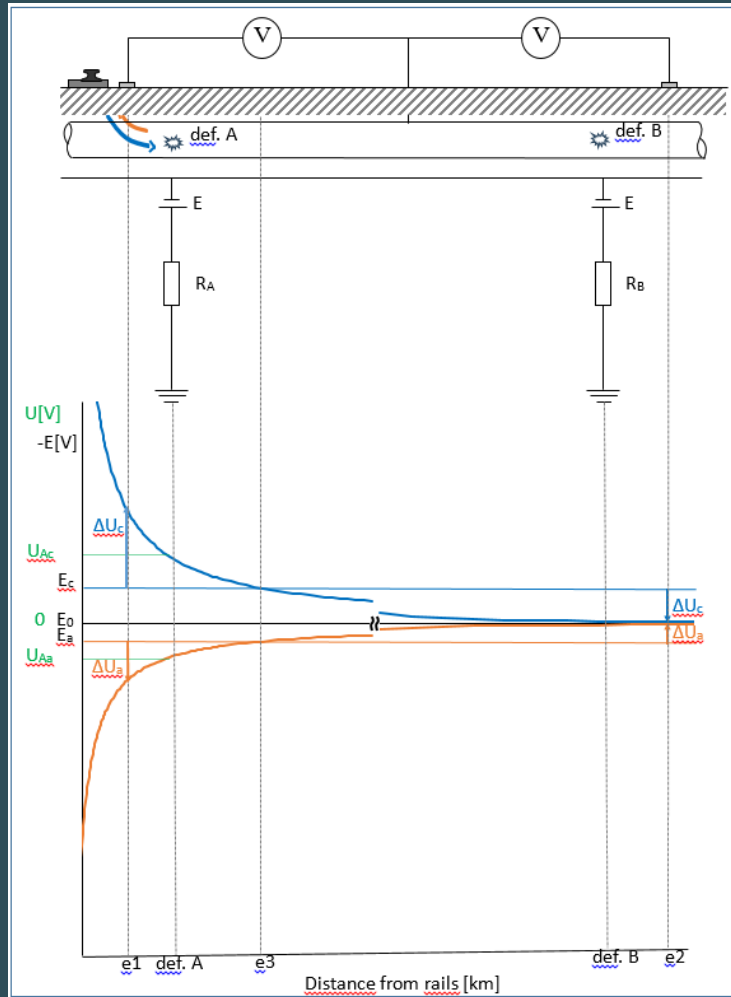
$$E = E_0 - \frac{U_A}{10}$$

- W Przykładzie II oddziaływanie prądów błędnych spowoduje większą zmianę potencjału rurociągu mierzonego w sąsiedztwie trakcji (przy takich samych wartościach U, EU) niż w Przykładzie I. W efekcie może wzrosnąć zagrożenie korozyjne powodowane przez prądy błędne. Zmiana potencjału rurociągu w dużej odległości od trakcji, poza zasięgiem stożka będzie słabo zauważalna
- W niektórych przypadkach poprawę skuteczności ochrony katodowej podziemnego rurociągu przed oddziaływaniem prądów błędnych na odcinku w sąsiedztwie trakcji elektrycznej można osiągnąć poprzez naprawę defektów izolacji usytuowanych w dużej odległości od trakcji. Oddziaływanie prądów błędnych może zmienić wtedy charakter na taki jaki pokazano w Przykładzie I.
- **Warto zwrócić uwagę, że na rurociągu można znaleźć takie miejsce (e3 na rys.), gdzie potencjał rurociągu jest stabilny, niepodatny na oddziaływania prądów błędnych. Jest to optymalne miejsce do montażu urządzenia zdalnego monitoringu.**

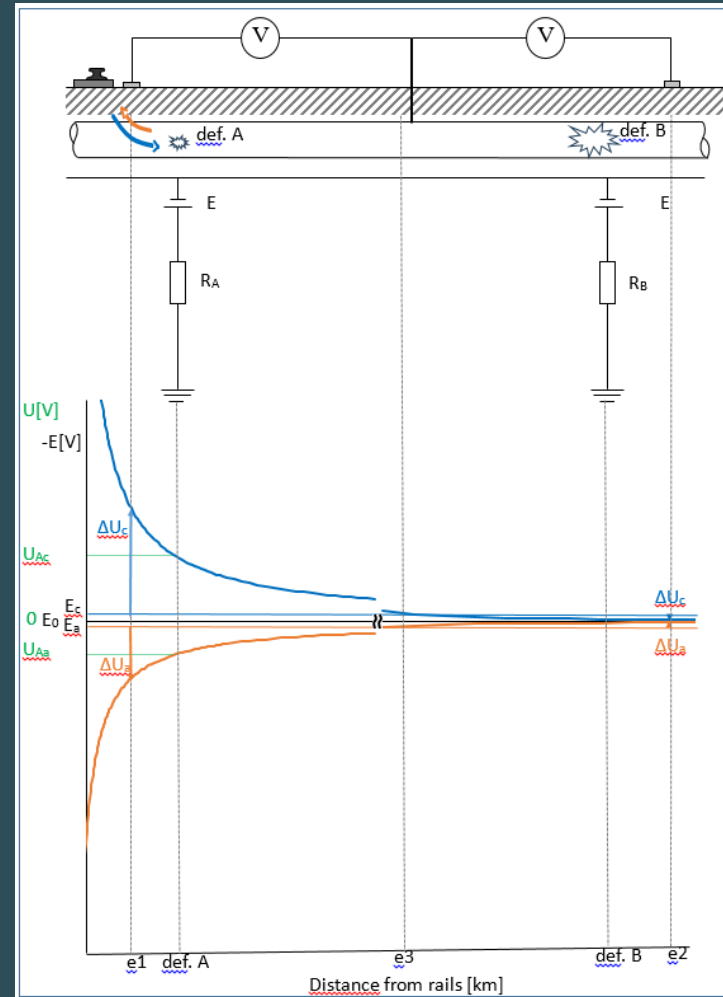
# Wyjaśnienie modelu obu przypadków( $RA/RB = 1$ vs. $RA/RB = 9$ )



## Example I



## Example II

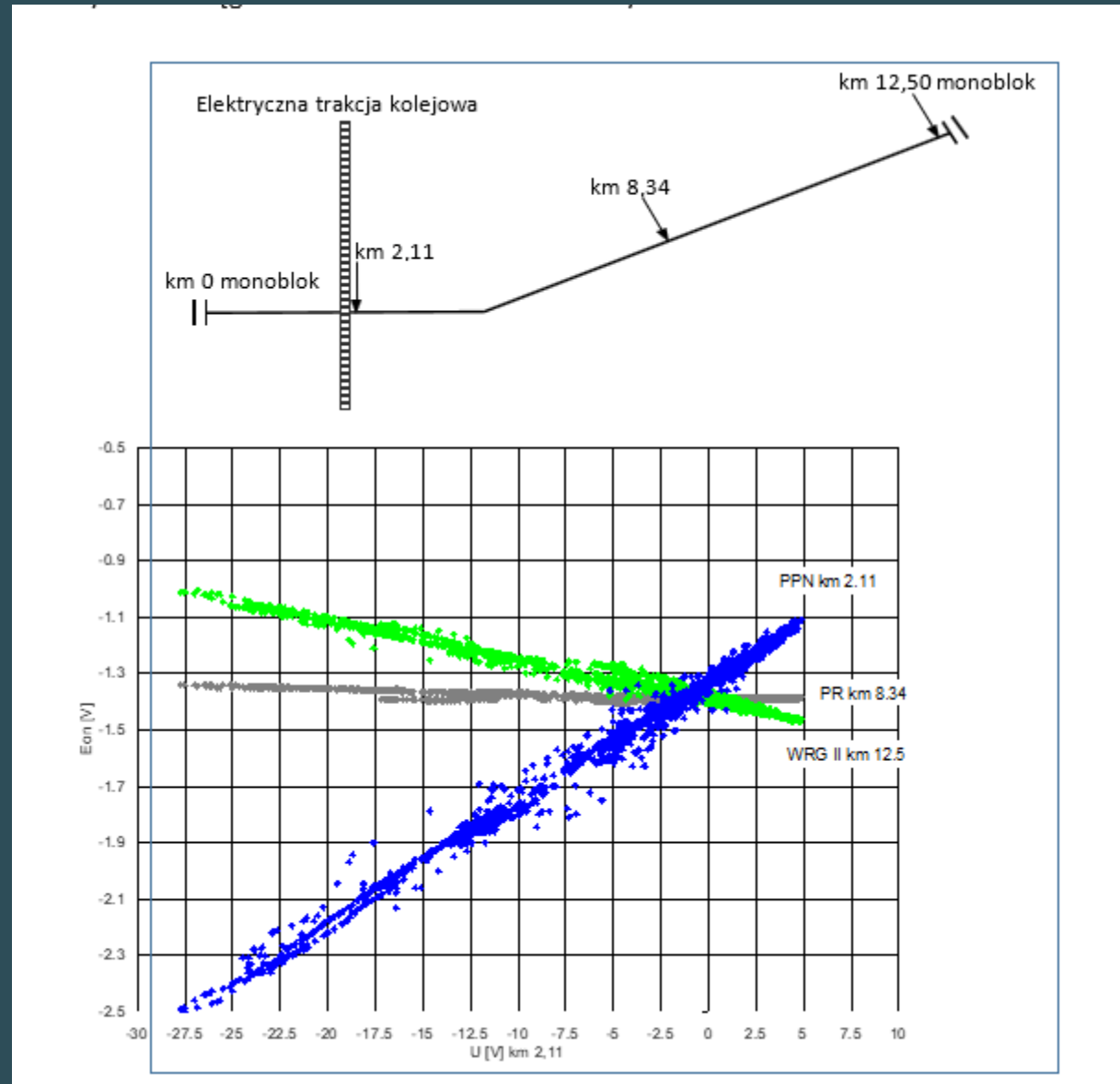


## Wyjaśnienie modelu obu przypadków(RA/RB = 1 vs. RA/RB = 9)

Najbardziej dodatnie potencjały występują na odcinku końcowym rurociągu, w odległości ok. 10 km od skrzyżowania!

W miejscu odległym o 6 km od skrzyżowania, na km 8,34 potencjał rurociągu jest stabilny, niepodatny na oddziaływanie prądów błędnych.

Przy braku oddziaływań prądów błędnych potencjał jest taki sam we wszystkich punktach trasy  $E_{on} \approx -1,36 \text{ V}$



## Podsumowanie

- ❖ **Przyczyna:** Utrata sprawności przez monoblok izolujący na km 43 – połączenie z układem technologicznym stacji gazowej.
- ❖ **Efekt:** Znaczące obniżenie rezystancji RB odcinka gazociągu poza stożkiem W modelu jest to przypadek ( $RA \gg RB$ ).
- ❖ **Konsekwencje:** Wystąpienie zagrożenia korozyjnego (prądy błędzące) na skrzyżowaniu z trakcją kolejową na km 7.
- ❖ **Obserwacje:** Ochrona katodowa nie zabezpieczała skutecznie gazociągu nawet w przypadku braku zmiany w monitoringu zdalnego potencjału E on w warunkach oddziaływania prądów błędzących
- ❖ **Detekcja:** Problem i zagrożenie błyskawicznie zauważono i zidentyfikowano za pomocą „metody korelacyjnej”.

Przedstawiony model dobrze wyjaśnia przyczynę zmiany charakterystyki oddziaływań prądów błędzących na podziemne rurociągi w rejonie skrzyżowania z trakcją.

## Wnioski

1. Technika korelacyjna wykonywania badań oddziaływań prądów błędzących pochodzących z trakcji elektrycznej na podziemne rurociągi jest z powodzeniem od wielu lat stosowana w Gaz-System Oddział Gdańsk przy wykonywaniu pomiarów oraz przy ocenie skuteczności ochrony katodowej gazociągów.
2. Analiza wzajemnych korelacji pomiędzy różnymi zmiennymi dostarcza zdecydowanie więcej informacji od analizy pojedynczych sygnałów.
3. Analiza oddziaływań prądów błędzących na podziemne rurociągi, posiadające izolację o wysokim poziomie szczelności, z zastosowaniem przedstawionego w niniejszym opracowaniu modelu może dostarczyć dodatkowych informacji o wielkości i usytuowaniu defektów izolacji rurociągu.
4. Uproszczony zdalny monitoring ochrony katodowej podziemnych rurociągów polegający na pomiarze potencjału załączeniowego Eon i prądu polaryzacji I<sub>pol</sub> może w pewnych sytuacjach być zawodny i powinien zostać rozszerzony o pomiar składowej omowej IR.
5. **W przypadku podziemnych rurociągów, posiadających izolację o wysokim poziomie szczelności, poddanych zmiennym oddziaływaniom prądów błędzących pochodzących z pojedynczego źródła, występuje zwykle na trasie takie miejsce, w którym potencjał rurociągu jest stabilny. Miejsce takie jest optymalne do montażu zdalnego urządzenia monitoringu ochrony katodowej.**