Segmentowe uszczelnienia wałów

THORDON

Zawartość

I. Przegląd uszczelnień turbin wodnych

II. Zalety / wady segmentowych uszczelnień firmy Thordon

III. Zasady konstrukcji uszczelnień radialnych i osiowych

IV. Zalecenia i opisy przypadków

Co to jest uszczelnienie segmentowe?

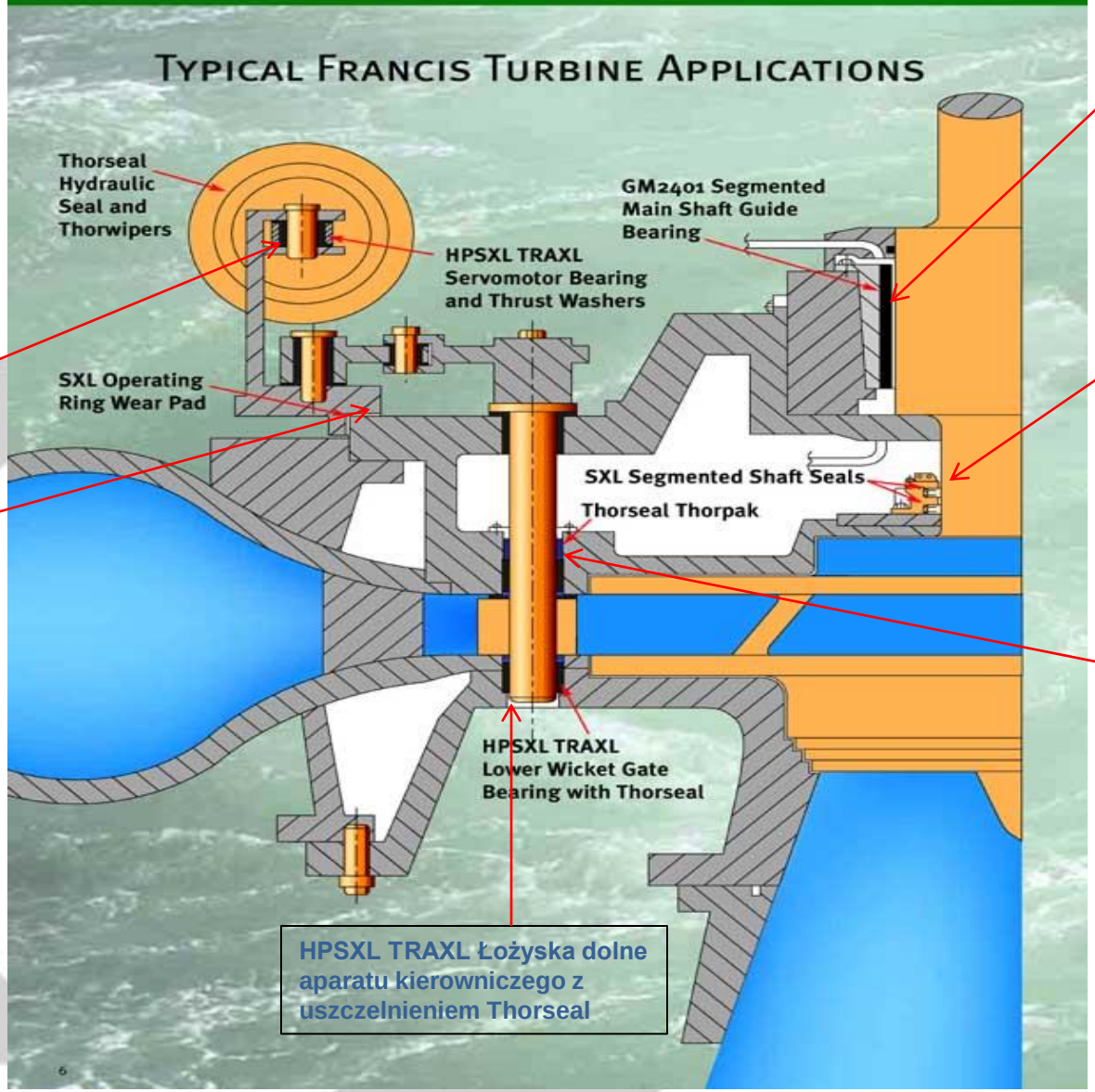
- **Narzędzie kontrolowanego przecieku – uszczelnienie „niezupełnie prawdziwe”.**
- **Ciśnienia do 1.1 MPa**
- **Standardowo zamontowane powyżej wirnika, i poniżej MGB**

Segmentowe uszczelnienia wałów



Segmentowe uszczelnienie promieniowe SXL

TYPOWE ZASTOSOWANIA W TURBINIE FRANCISA



GM2401 - Segmentowe łożysko prowadzące wału głównego

HPSXL TRAXL Łożyska siłownika wraz z pierścieniami zbierającymi

SXL - Segmentowe uszczelnienie wału

Podkładka do pracy pierścienia prowadzącego kierownicy

Uszczelnienie Thorseal Thorpak

HPSXL TRAXL Łożyska dolne aparatu kierowniczego z uszczelnieniem Thorseal

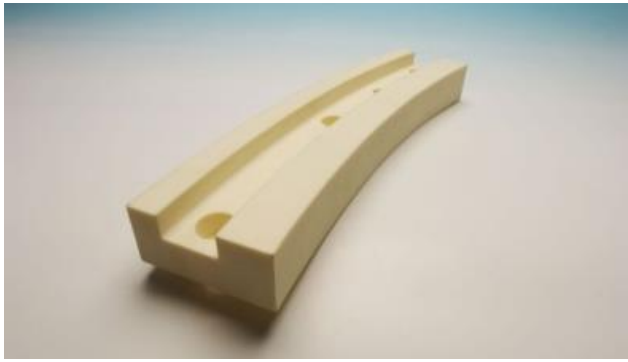
THORDON

Segmentowe uszczelnienia wałów



Dwa główne typy segmentowych uszczelnień wałów Thordon:

- **uszczelnienia promieniowe** (oddziaływanie dynamiczne równoległe do wału)
- **uszczelnienia osiowe** (oddziaływanie dynamiczne prostopadłe do osi wału)



Segmentowe uszczelnienia wałów Thordon mogą być stosowane w zespołach o osiach pionowych i poziomych

THORDON

Historia

- **Początkowy cel stosowania karbonowych uszczelnień były wały napędowe w przemyśle okrętowym**
- **Ewolucja do zastosowań w turbinach wodnych**
- **W warunkach czystej wody i stabilnej pracy, łożyska karbonowe pozwalają :**
  - **zapewnić niski współczynnik tarcia**
  - **przedłużać czas pracy**

Typowe zamienniki

uszczelnienie wypełniające

- odpowiednie do niewielkich wałów i w czystej wodzie
- rzadko brane pod uwagę w nowych projektach



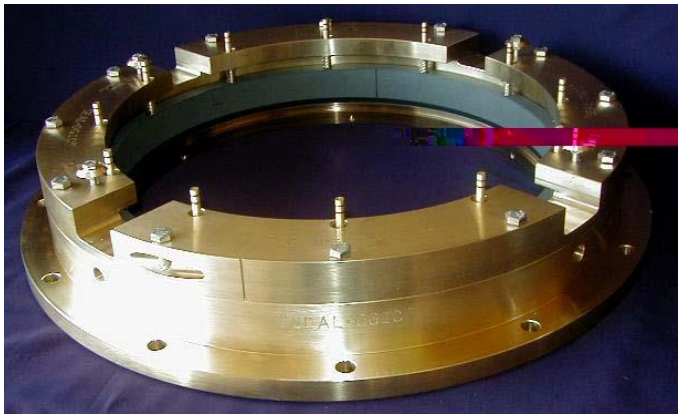
uszczelnienia labiryntowe

- bezkontaktowy typ urządzenia uszczelniającego
- typowe prześwity pierścieni uszczelniających - 0,2 do 0,4 mm
- wskazane do niskich ciśnień; wzrastające wycieki



uszczelnienia mechaniczne

- odpowiednie do turbin każdego rodzaju
- trudne do wytwarzania karbonowych pierścieni uszczelniających dla wielkich średnic wałów
- bardzo drogie w porównaniu z innymi typami uszczelnień



Segmentowe uszczelnienia wałów

- **Korzyści ze stosowania segmentowych uszczelnień wałów SXL**
  - Odporność na ścieranie
  - mocne, nie kruszące się
  - możliwe do zastosowania w istniejących turbinach
  - jednorodny materiał

Zalety

- **W porównaniu do materiałów karbonowych:**
  - Zwiększona odporność na ścieranie dzięki wytrzymałości i ostrości powierzchniowej
  - Odporność na przeciążenia, doskonała wytrzymałość dynamiczna
  - Łatwa produkcja i transport

Zalety

- **w porównaniu do uszczelnień kompaktowych:**
  - Minimalne właściwości abrazyjne; ochrona okładziny wału
  - Zbędna okresowa regulacja uszczelnień

Promieniowe uszczelnienia segmentowe

Testowane są dwa główne typy segmentowych uszczelnień wałów :

- Regulowane promieniowo (automatyczne)
- W postaci pływających pierścieni

THORDON

Uwzględniane czynniki

Wewnętrzny nacisk pomiędzy wałem a uszczelnieniem

- niski poziom wzajemnego nacisku
- wytwarza się mniej ciepła
- ogranicza stopień zużycia
- zezwala na uwalnianie nalotu hydrodynamicznego

Funkcja sprężyn mocujących

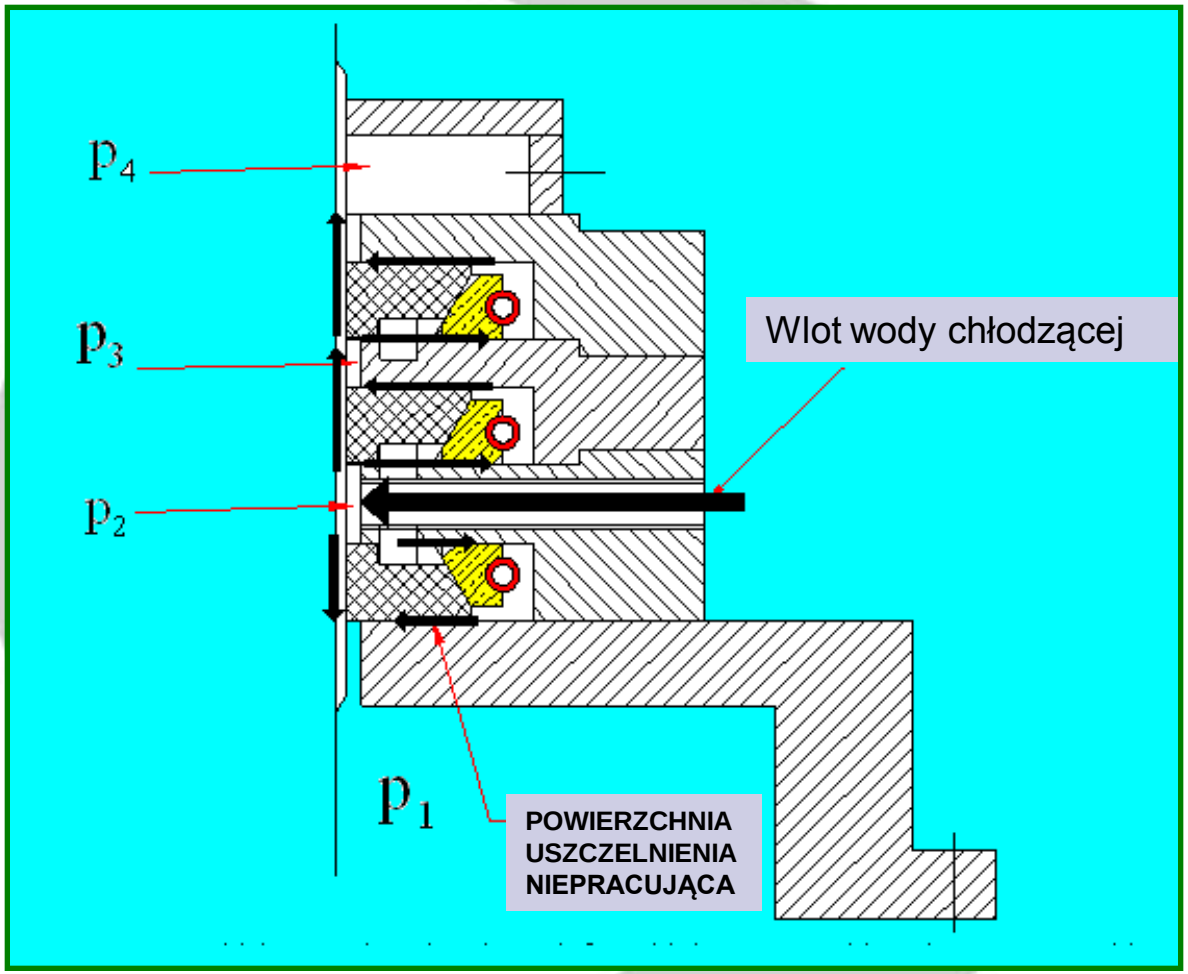
- podtrzymują elementy pierścienia uszczelniającego
- zapewnia ścisły kontakt z wałem

Uwzględniane czynniki

Woda chłodząca

- **Ciśnienie 10 do 15% wyższe od wewnętrznego turbiny**
- **Wprowadza potrójną funkcję w układzie:**
  - **chłodzenie** elementów
  - **smarowanie** pracującej powierzchnię uszczelki
  - **wytwarzanie strumienia przeciwnego**, nie dopuszczając do uszkodzenia powierzchni trących
- **Jakość wody:**
  - Zalecana jest woda czysta/oczyszczona
  - filtracja/separacja zanieczyszczeń na poziomie 80 mikronów

Droga przepływu wody chłodzącej



- **Brak specjalnego wypływu wody chłodzącej**
- **Przecieki stanowią odpływ wody chłodzącej**
- **3 drogi wycieków:**

  Powierzchnie stałe, pracujące, połączenia elementów uszczelniających

THORDON

Projektowanie uszczelnień promieniowych

1. Informacje niezbędne dla projektu

- Średnica wału
- Wewnętrzne ciśnienie turbiny
- Jakość wody uszczelnianej (czysta czy zanieczyszczona)
- Poziom ograniczenia wycieków
- Prędkość obrotowa wału

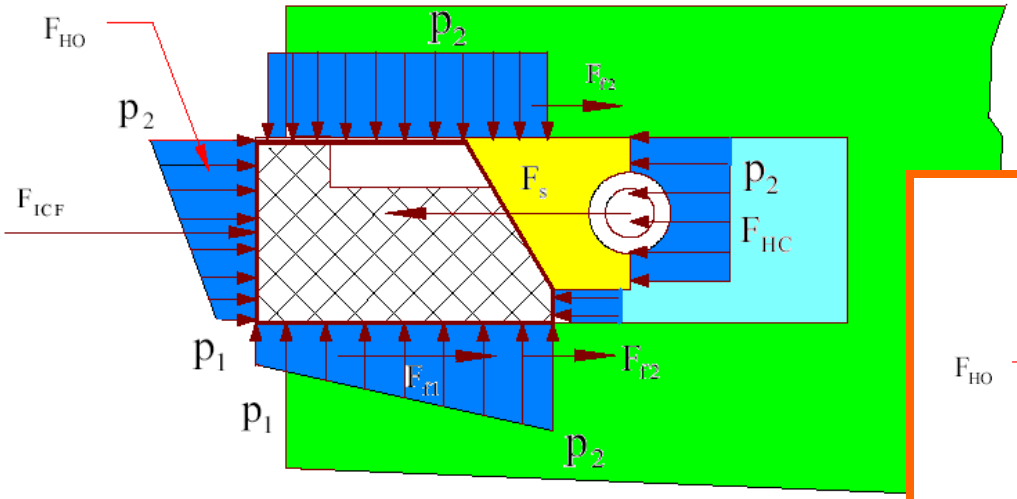
Projektowanie uszczelnień promieniowych

2. Wzajemne uwarunkowania współpracujących powierzchni

- Wykończenie powierzchni wału (w miejscu uszczelnienia): 0.4 do 0.8 μm
- Wykończenie powierzchni złącz i obudów): 0.8 do 1.6 μm
- Ograniczenia osiowości wału: $\pm 1.5\, mm$
- Twardość powierzchni wału w miejscu uszczelnienia: RC 30 lub wyższe

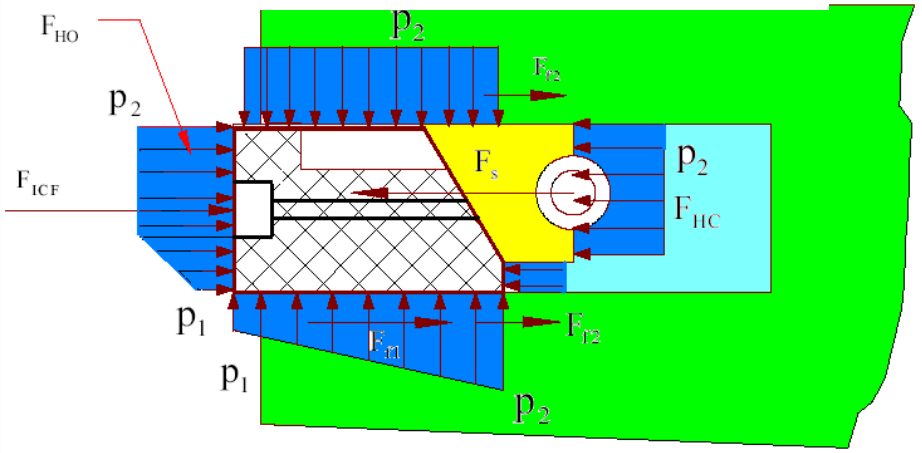
3. Ciśnienia w przekroju segmentu uszczelniającego

Rozkład ciśnień na segmencie uszczelniającym bez rowka wyrównującego



p_1 –ciśnienie wody uszczelnianej
p_2 –ciśnienie wody chłodzącej
p_{ICF} –ciśnienie w obszarze pracującej powierzchni uszczelniającej

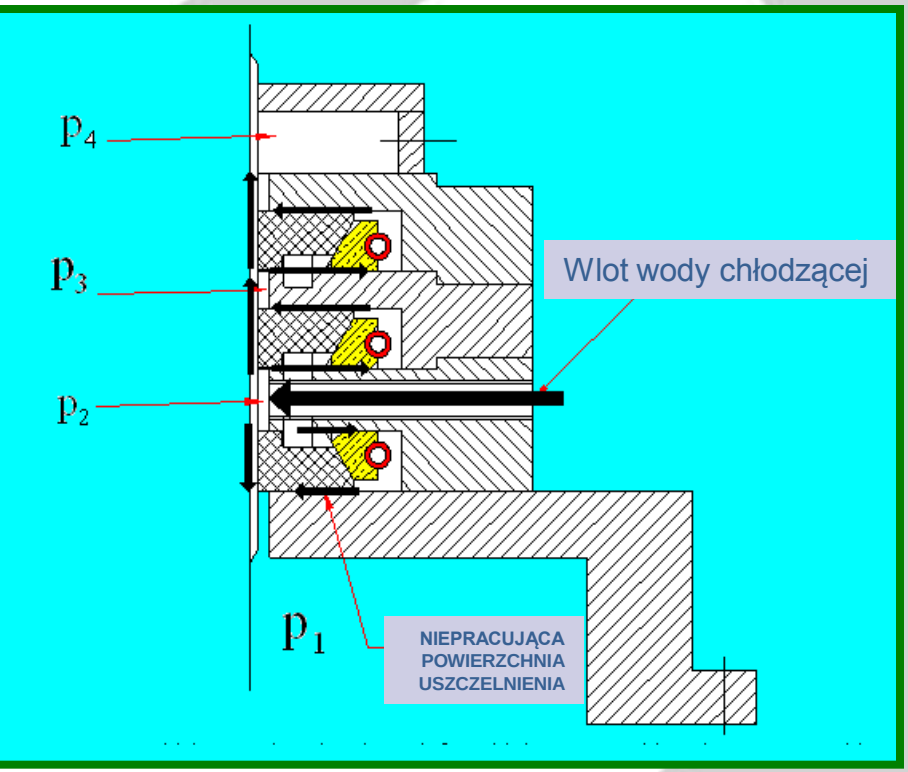
Rozkład ciśnień na segmencie uszczelniającym z rowkiem wyrównującym

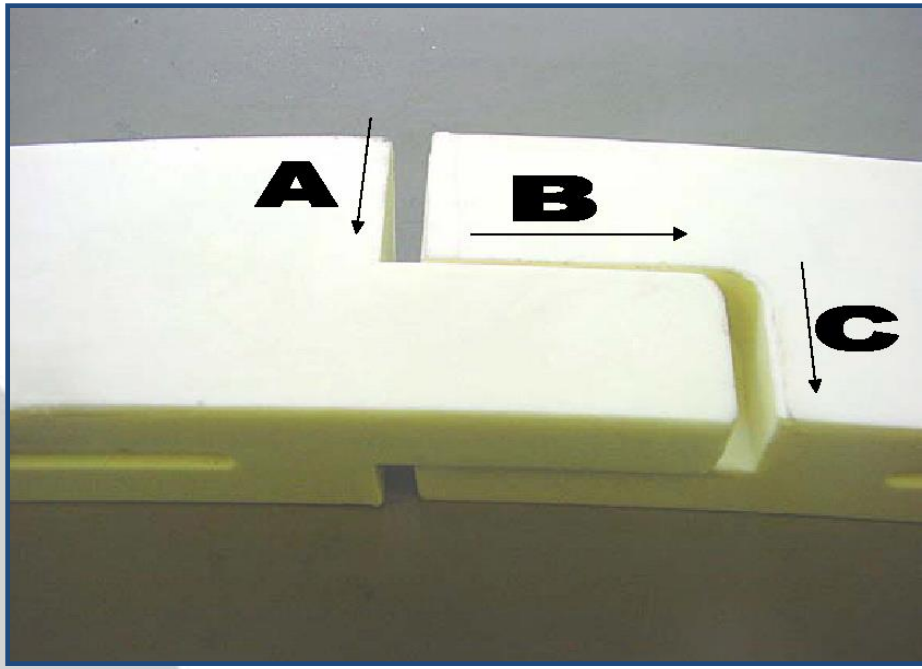


THORDON

4. Wycieki

- Dostępne są dane z prób
- Trwają prace nad metodami obliczeniowymi

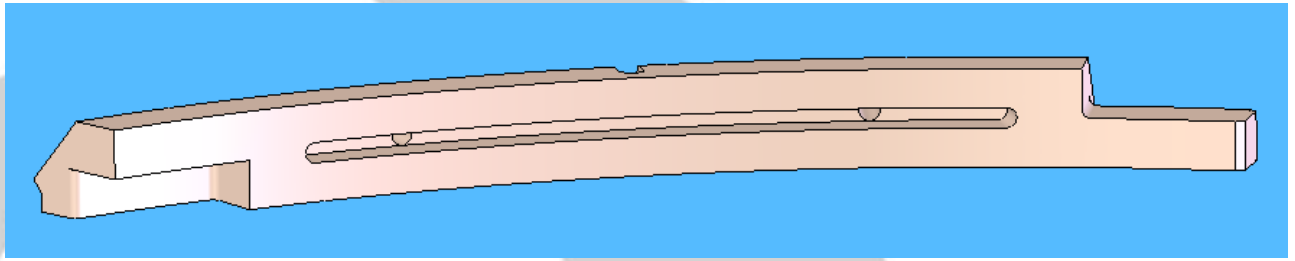




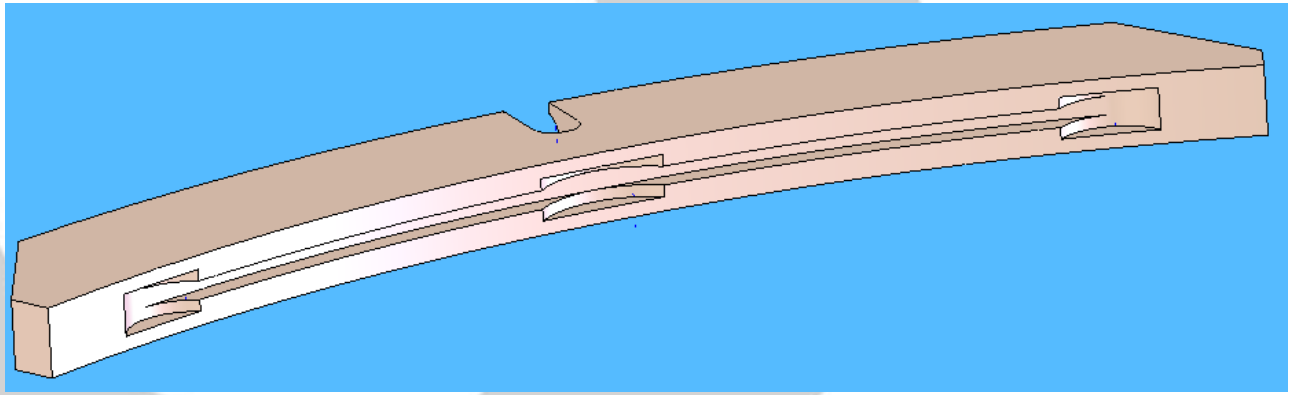
- Zidentyfikowano trzy drogi przecieków:
  - Pracujące (ruchome) powierzchnie uszczelnienia
  - Statyczne (nieruchome) powierzchnie uszczelnienia
  - Połączenia segmentów
- 20 do 60 litrów / min

THORDON

Szczegóły konstrukcyjne typowego segmentu

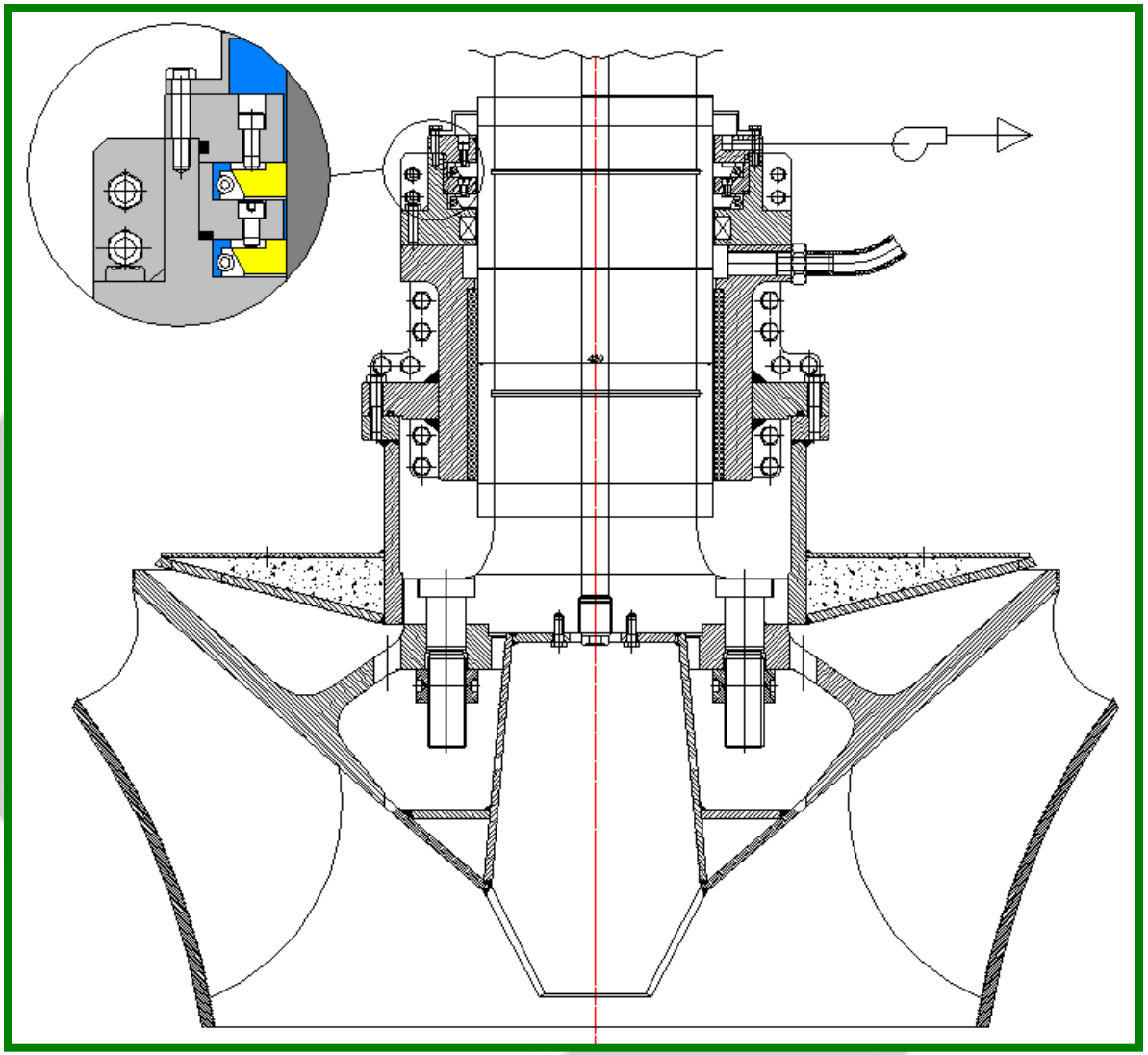


Rowek prosty: Hydrauliczne statyczne wyrównanie ciśnień



Rowek z wycięciami: Poprawa warunków hydrodynamicznych

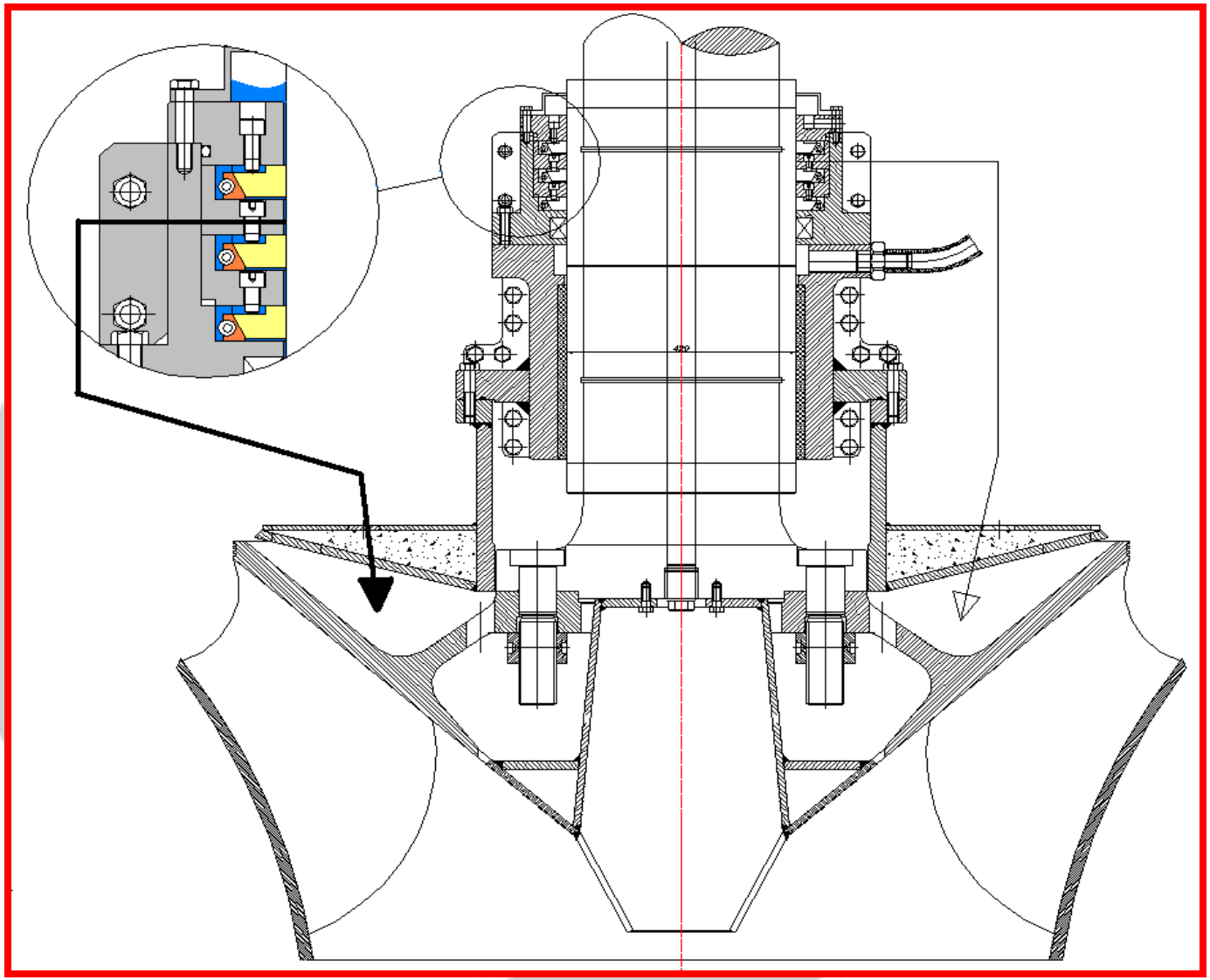
Układ typowy – główne łożysko prowadzące **smarowane wodą**



Uszczelnienie segmentowe „podaje” wodę do **głównego łożyska prowadzącego**

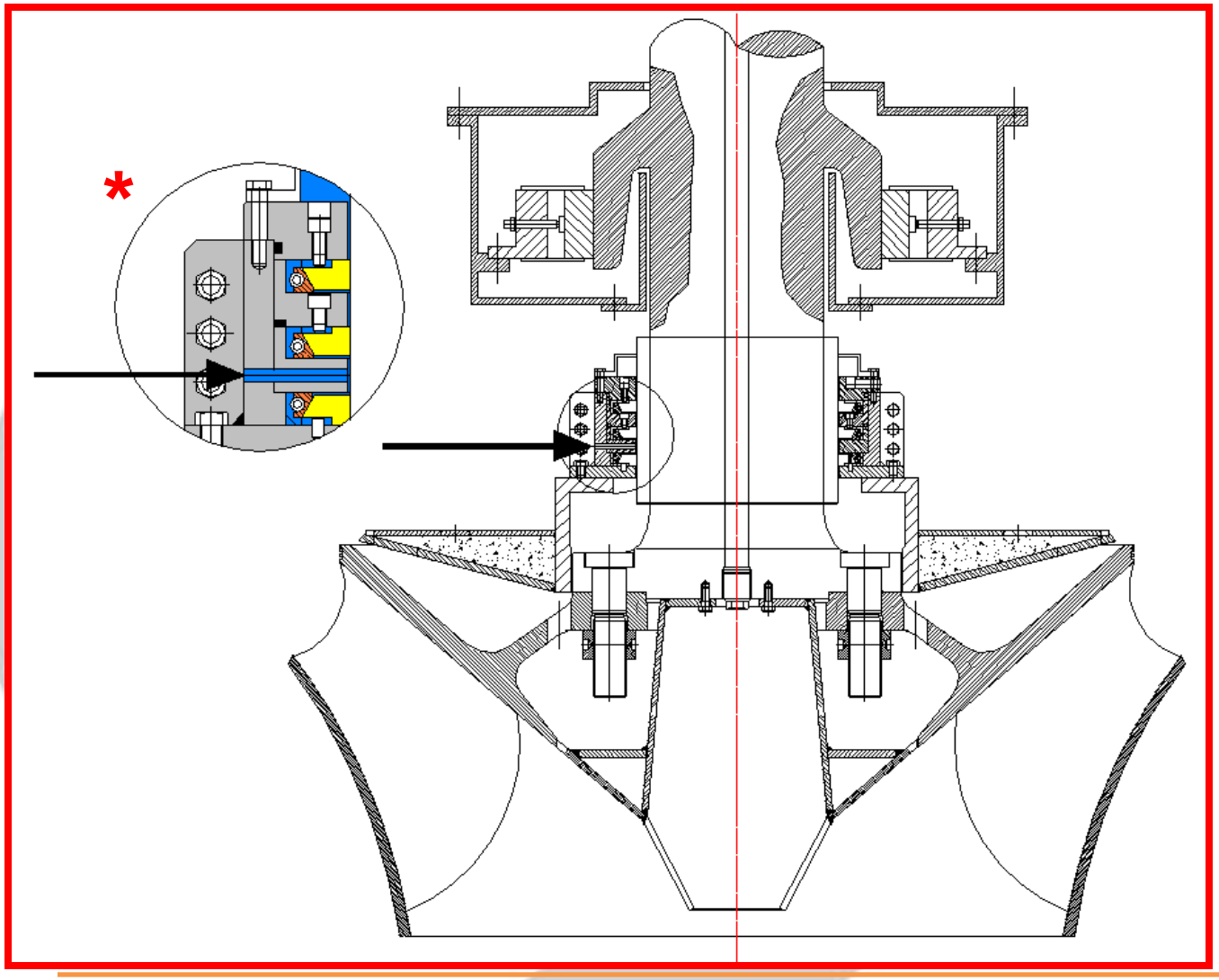
THORDON

Układ typowy – Rozwiązanie z **redukcją wycieków**



THORDON

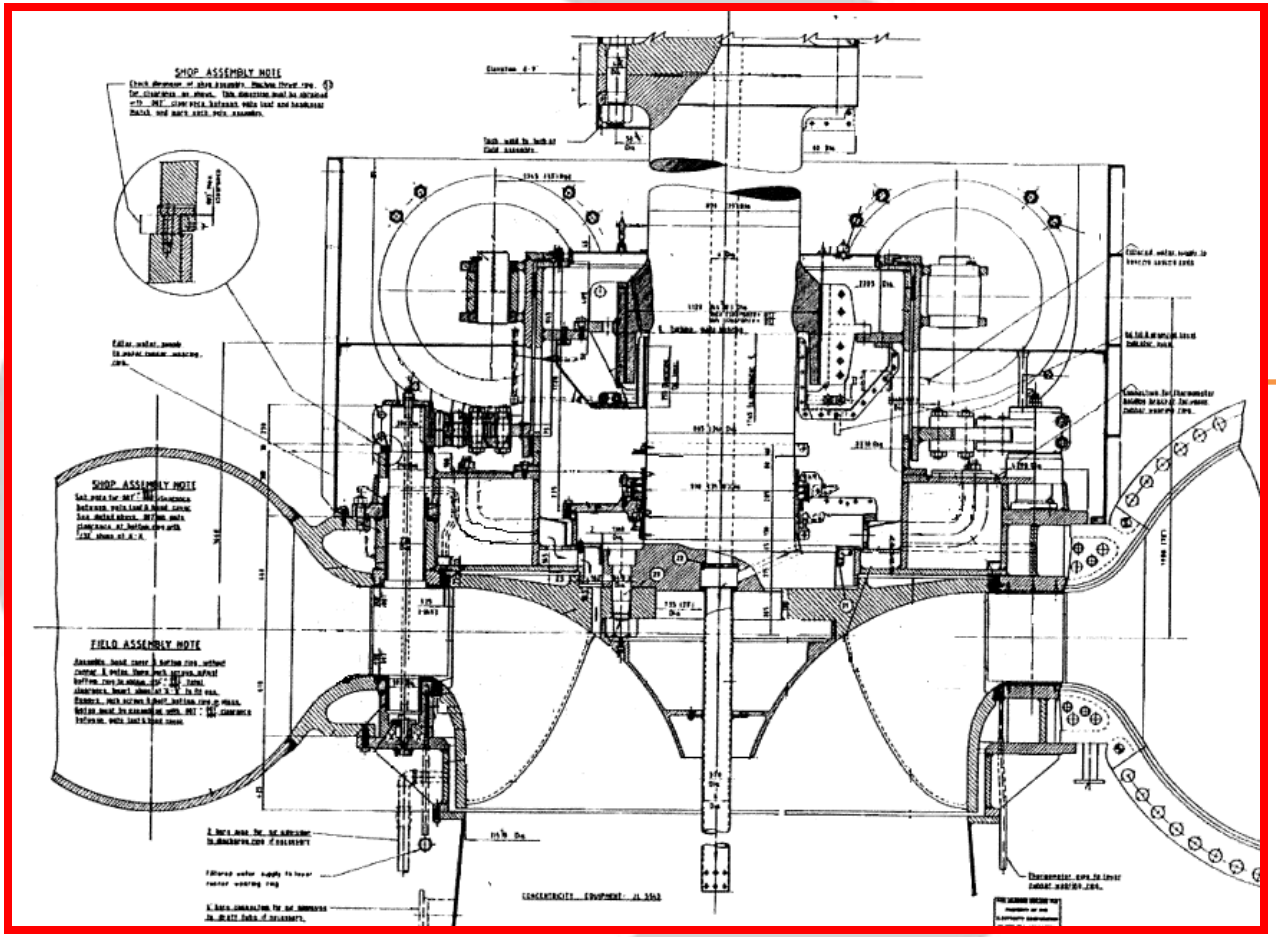
Typowy układ - Główne łożysko prowadzące smarowane olejem



* Pokazane uszczelnienie z oddzielnym zasilaniem wodą

THORDON

Zastosowania – Elektrownia Wodna Manapouri w Nowej Zelandii

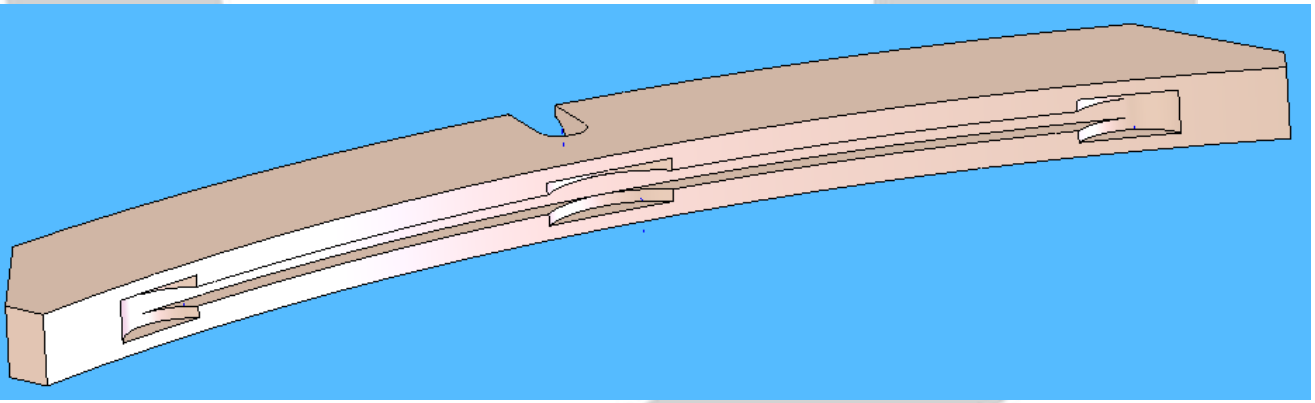


- Wał: ø 910 mm
- rok instalacji 1978
- 3-pierścieniowe uszczelnienie promieniowe
- Segmenty nie posiadają centralnego rowka
- odstęp pomiędzy segmentami
- brak danych o wielkości wycieku
- Hydrozespół pracuje ponad 26 lat!

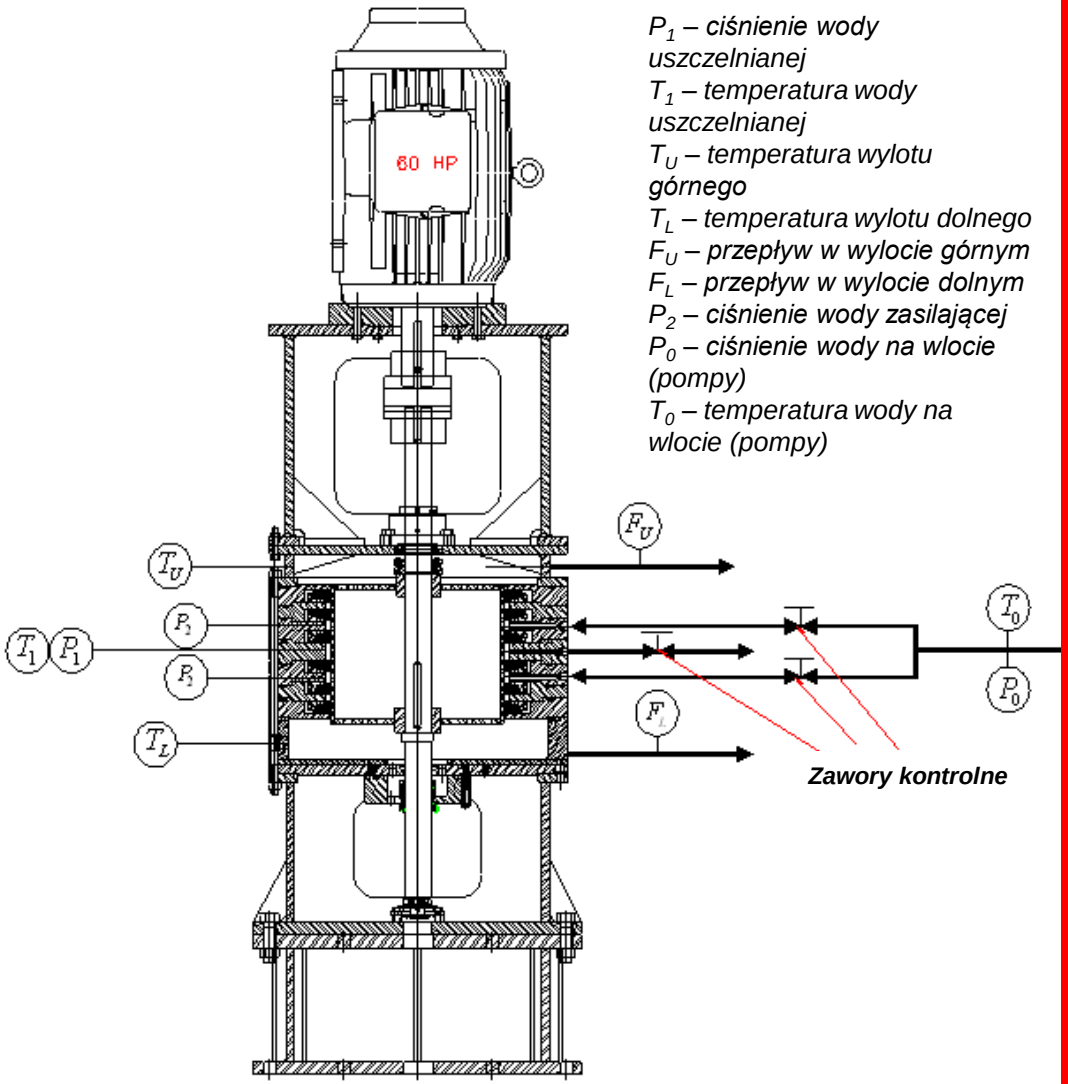
THORDON

Ruch próbny – wyniki

- testowany element pracował z zadanym ciśnieniem wody 1.1 MPa i nie przegrzewał się
- centralny rowek wodny okazał się efektywnie zaprojektowany
- wzrost temperatury uszczelnień 4°C do 10°C
- zróżnicowany poziom wycieków 20 l/min to 40 l/min



Program testujący – urządzenie testowe



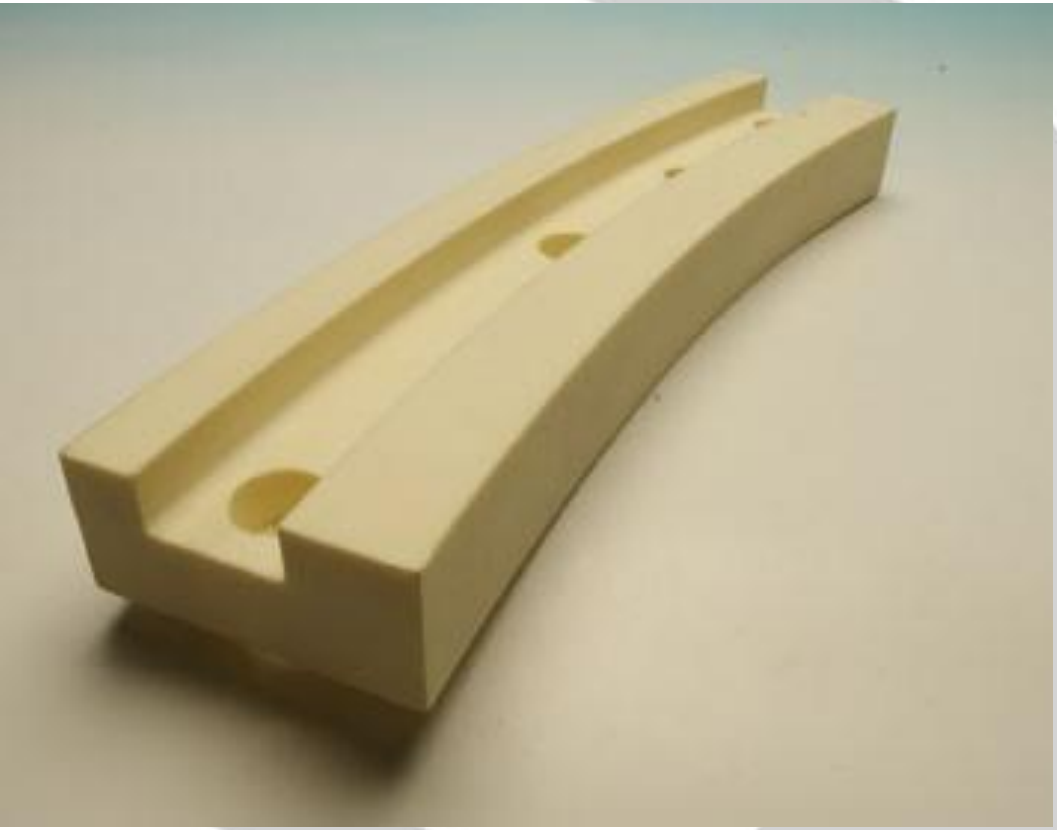
P_1 – ciśnienie wody uszczelnianej
T_1 – temperatura wody uszczelnianej
T_U – temperatura wylotu górnego
T_L – temperatura wylotu dolnego
F_U – przepływ w wylocie górnym
F_L – przepływ w wylocie dolnym
P_2 – ciśnienie wody zasilającej
P_0 – ciśnienie wody na wlocie (pompy)
T_0 – temperatura wody na wlocie (pompy)

Zawory kontrolne



THORDON

Uszczelnienie pionowe, osiowe

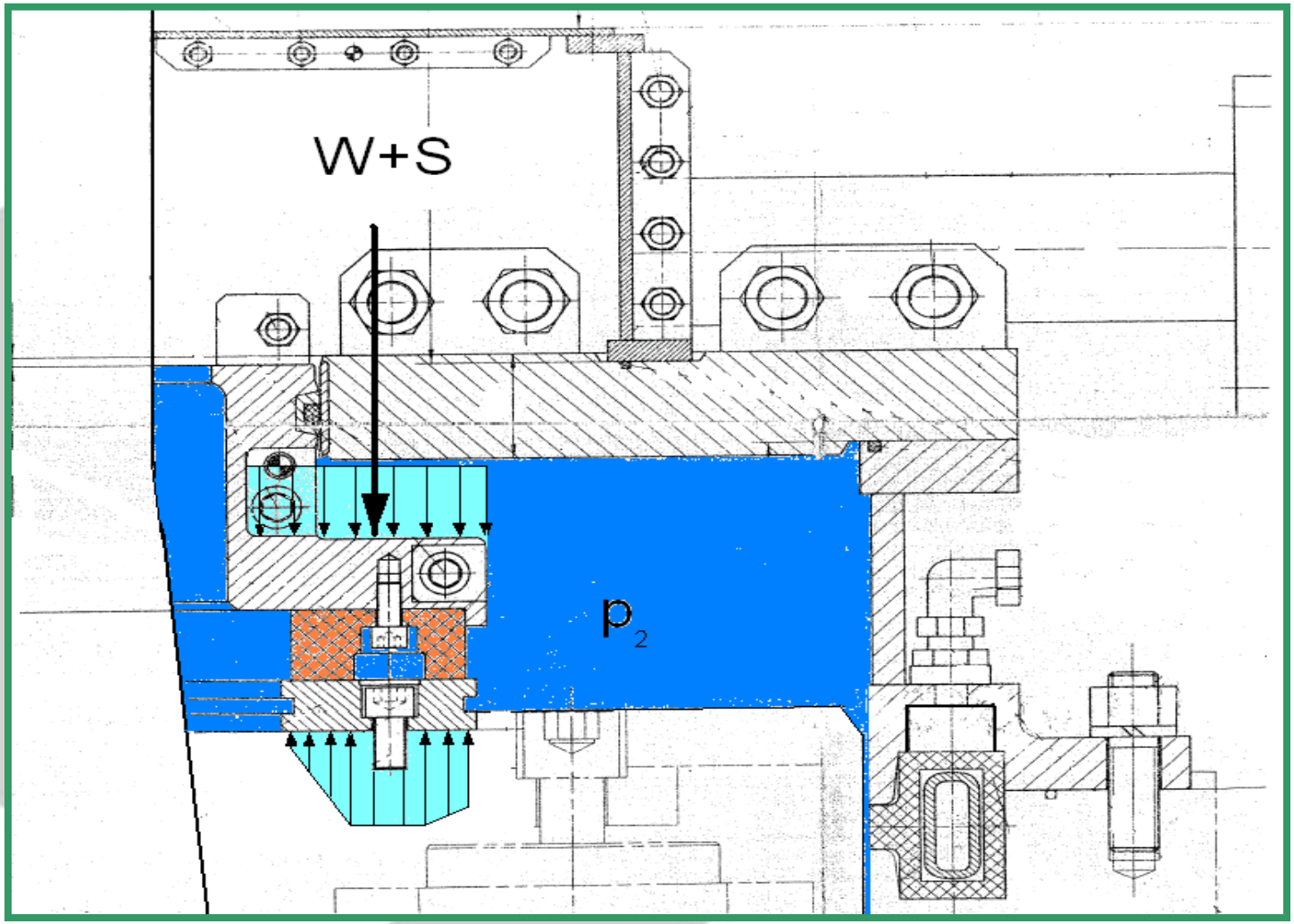


- centralny rowek uformowany przez dwa brzegi pierścieniowe
- segmenty łączone na miejscu
- chronione mocowaniem mechanicznym
- segmenty łączone przez klejenie końców
- ciśnienie zasilania dozowane centralnie

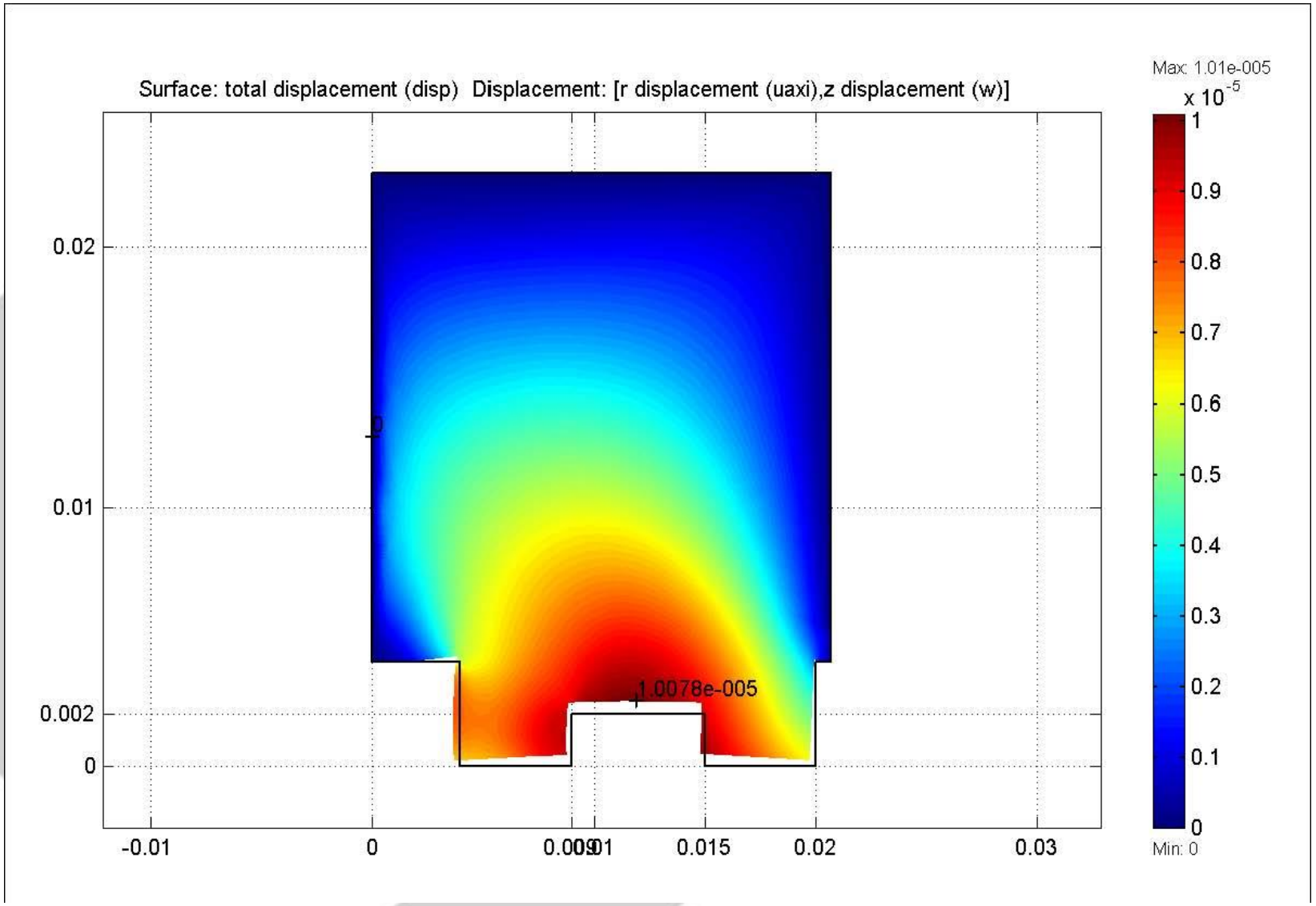
Uszczelnienia osiowe

- **Ciśnienie wody zasilającej uzależnione jest od:**
  - **wagi elementów stacjonarnych pracujących pionowo**
  - **nacisku sprężyn (zacisków)**
  - **ciśnienia wody uszczelnianej**
  - **ciśnienia wody środowiska pracy (otoczenia)**
- **Wypadkowe obciążenia definiują ciśnienie powierzchni kontaktowej (pracy) uszczelnienia**
- **Rozszerzalność wody i ruch termiczny kontrolowane mechanicznie**

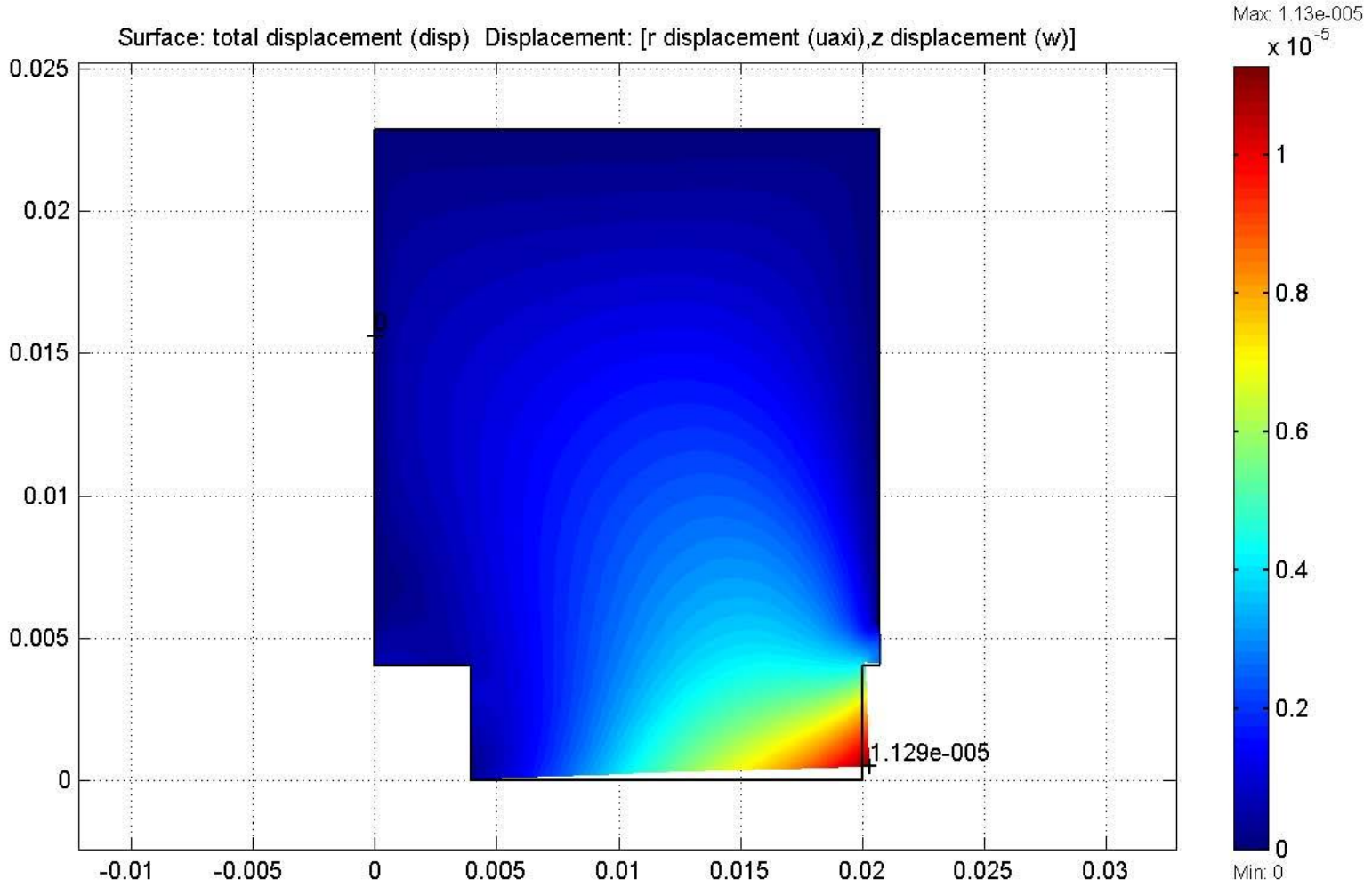
Budowa uszczelnień osiowych



Powierzchnia: sumaryczne wielkości przemieszczeń (disp); Przemieszczenia: [r przemieszczenie (uaxi), z przemieszczenie (w)]



Powierzchnia: sumaryczne wielkości przemieszczeń (disp); Przemieszczenia: [r przemieszczenie (uaxi), z przemieszczenie (w)] (?)



Przykłady zastosowania segmentowych uszczelnień wałów

- Meridian Energy, Elektrownia Wodna Manapouri, Nowa Zelandia – 25 lat!
- San Luis Dam, California Department of Water Resources, USA
- Huilong Power Plant, Harbin Electric Machinery Co., Ltd. Chiny
- Gongboxia Power Station, China Power Complete Equipment Co., Chiny
- US Bureau of Reclamation
- Snohomish Co. P.U.D., Washington, Henry M. Jackson Project, USA

Przykłady zastosowania segmentowych uszczelnień wałów

- Northern Wasco Co. P.U.D., Oregon, McNary Dam, USA
- Centralia City Light Power Plant, Seattle City Light, Washington, USA
- Colorado River, Central Arizona Water Conservation District, USA
- Mighty River Power, Maraetai Power Station, Nowa Zelandia
- LA Dept. of Water Power (LADWP), USA

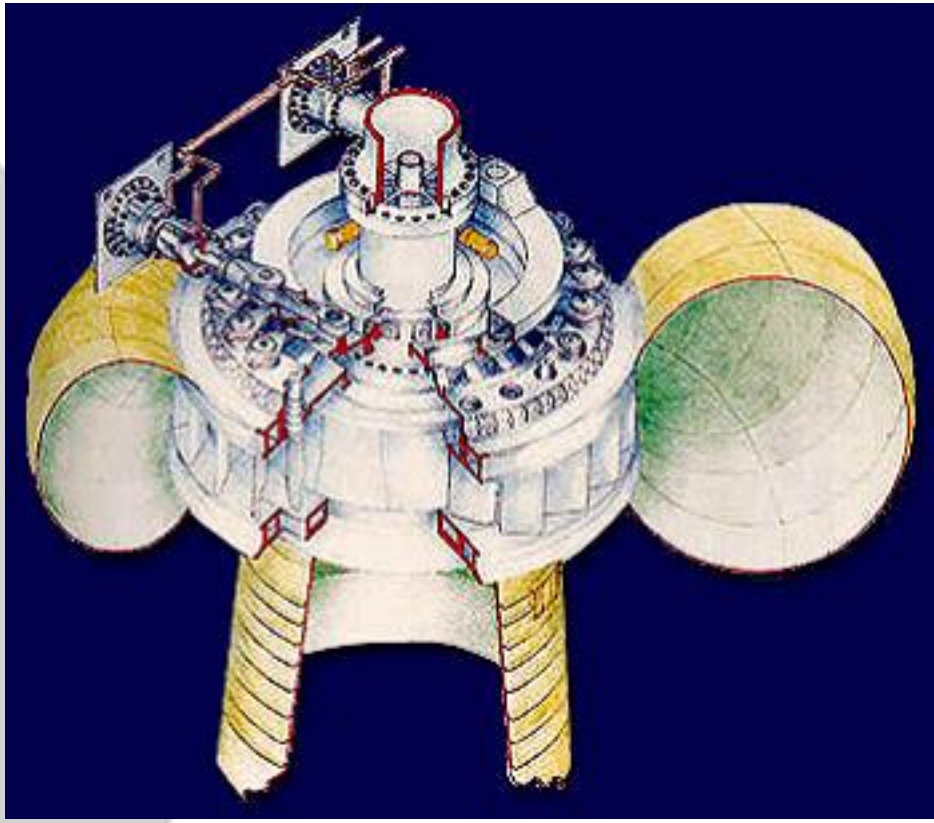
Studium przypadku (1/5)

Turbina

- **Typ: Francis**
- **Moc znamionowa: 715 MW**
- **Prędkość obrotowa wału (obr/m): 90.9 /92.3**
- **Spad: 118.4 m**
- **Przepływ: 645 m^3/s**

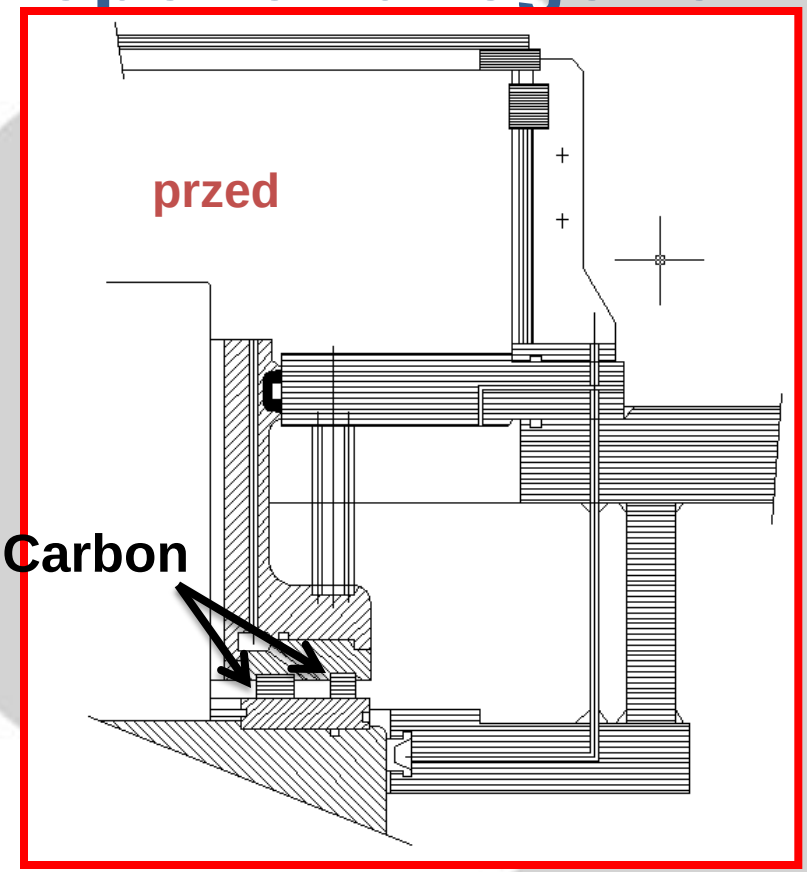
Uszczelnienie

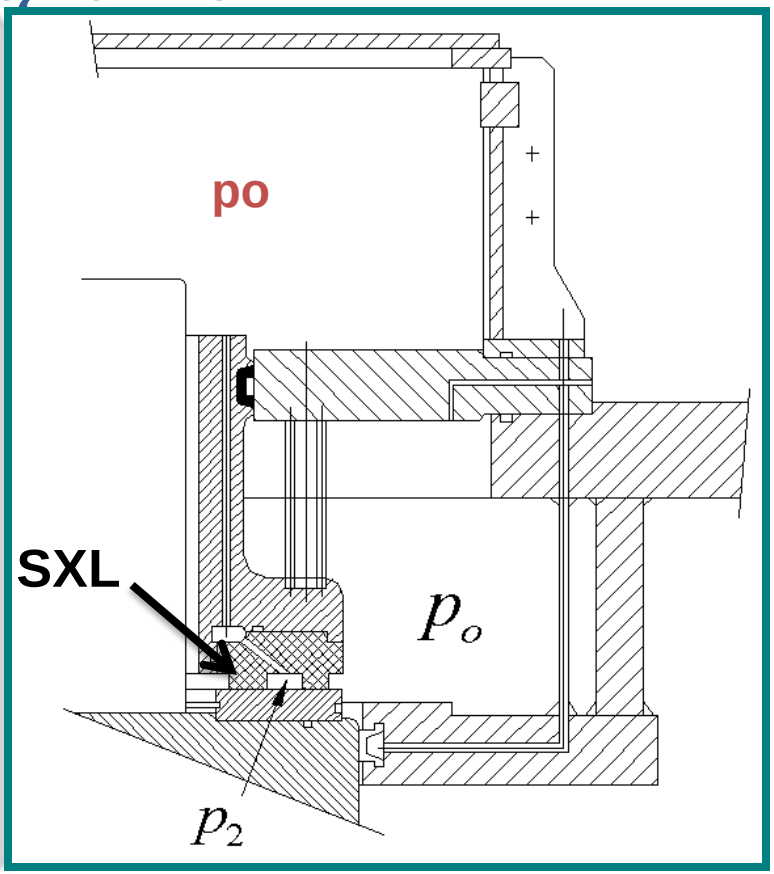
- **Typ: osiowe**
- **Przeciętna średnica: 3905 mm**



Studium przypadku (2/5)

Układ przed i po zastosowaniu proponowanego rozwiązania



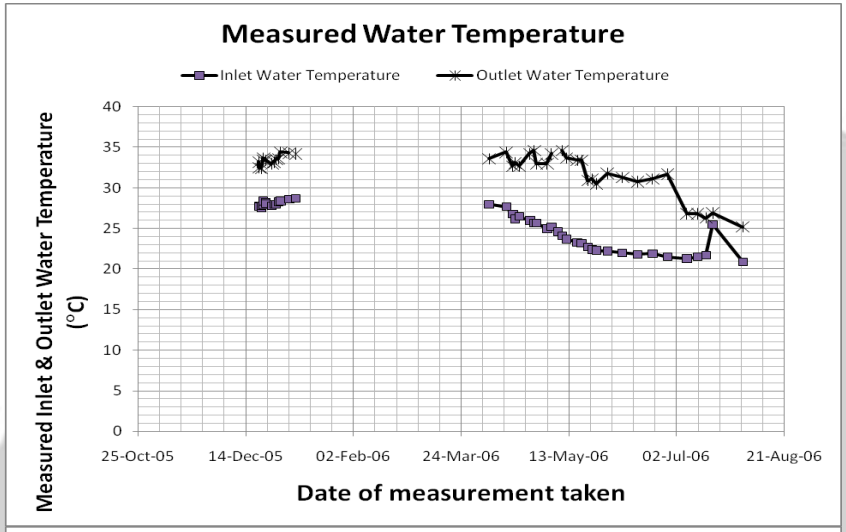


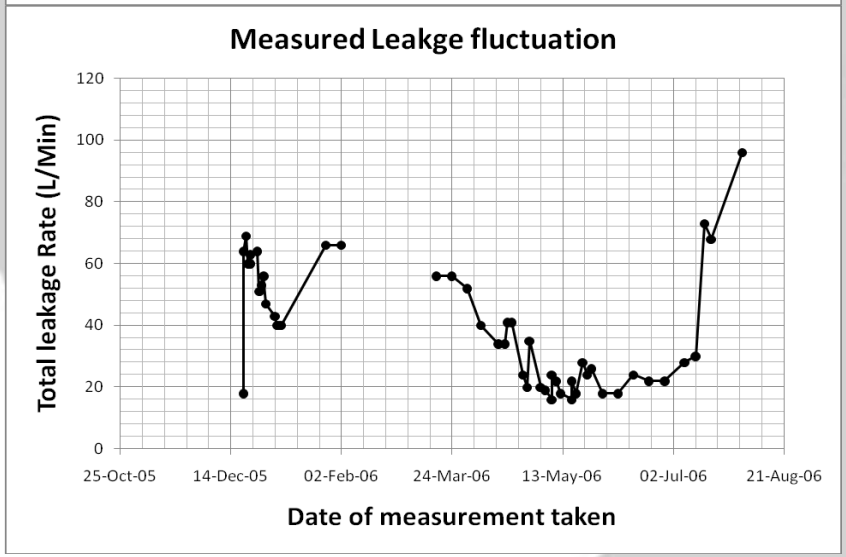
THORDON

Studium przypadku (3/5)

- **Ciśnienie wody chłodzącej na wejściu: 3 Bary**
- **Przepływ wody chłodzącej: 240 l/m**

Studium przypadku (4/5)



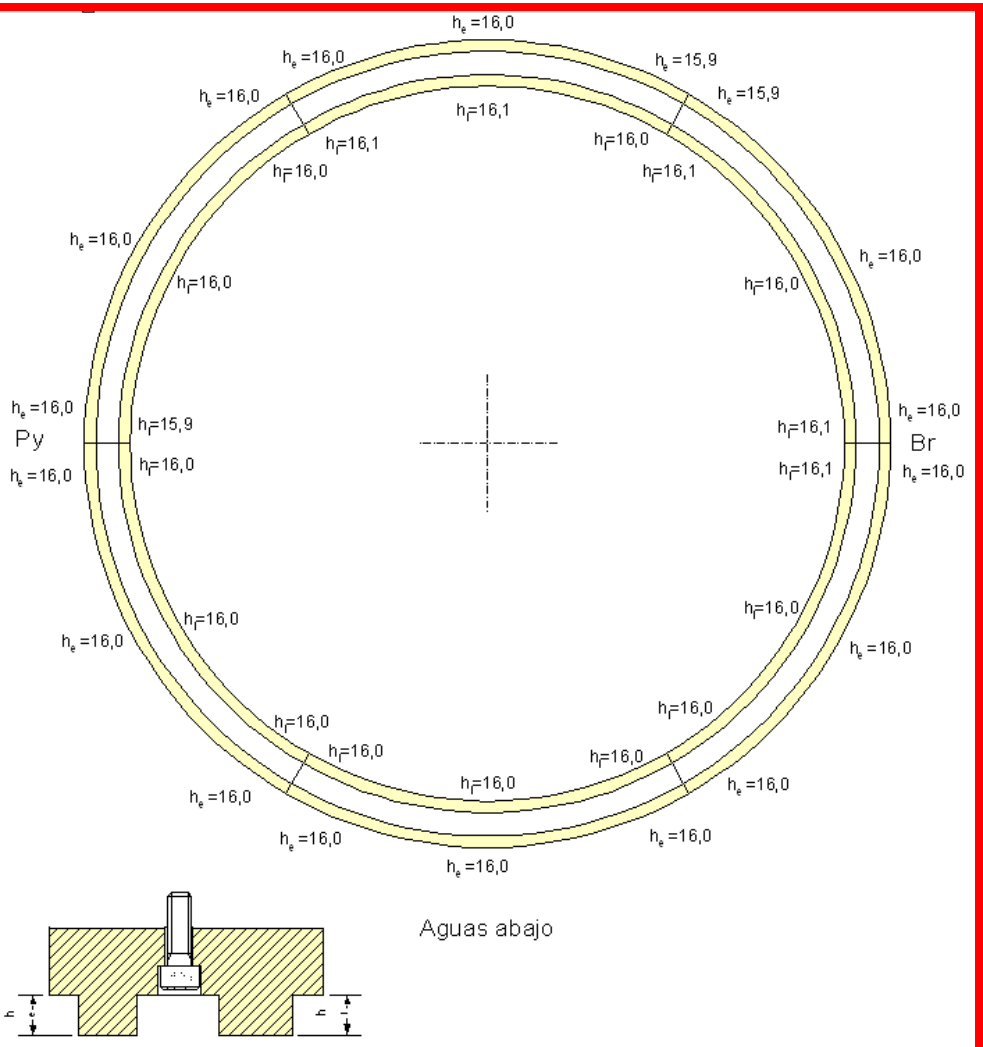


Rezultaty:

- Wzrost temperatury wody chłodzącej z 5º do 10º C
- Wyciek 20 do 90 l/m, 40 l/m średnio, w stosunku do 140 l/m przed zastosowaniem
- 12-miesięczny okres użytkowania wykazuje bardzo małe ślady zużycia
- Przewidywany okres pracy 20 lat

THORDON

Studium przypadku (5/5)





Po 12. miesiącach użytkowania

- pomiary zużycia, jak pokazuje rysunek z lewej
- przewidywany okres eksploatacji: 20 lat

THORDON

Podsumowanie

- **Sprawdzona alternatywa dla głównych łożysk prowadzących smarowanych olejem**
- **Oferta produktów światowej klasy, najwyższej jakości**
  - **wszystkie produkty Thordon tworzone są w celu eliminacji zanieczyszczeń i oleju**
- **Stosowane w turbinach wodnych od 1980 roku**
- **Globalna pomoc techniczna - serwis**
  - **Projektowanie, budowa i konsultacje w realizacji, serwis w trakcie użytkowania**

Dziękuję za uwagę

THORDON BEARINGS INC

Bogusław Kuba Puchowski

Hydro Power Specialist Estern Europe

+48 602 652 262

kuba_puchowski@wp.pl

THORDON