



**Hydrogeologiczny aspekt projektu
SmartRiver-Intelligentne Nadodrze
Hydrologischer Aspekt des Projektes
SmartRiver Intelligentes Odergebiet**

Kołodziejczyk U., Kostecki J., Macioszek Ł., Łukaniszyn N.,
Piotrowski K., Zielony P.
Zielona Góra, 22.03.2023



EUROPÄISCHE UNION
Europäischer Fonds für
regionale Entwicklung



UNIA EUROPEJSKA
Europejski Fundusz
Rozwoju Regionalnego



BB-PL
INTERREG V A
2014-2020

Leibniz
Leibniz
Gemeinschaft

"Barrieren reduzieren - gemeinsame Stärken nutzen" / „Redukować bariery – wspólnie wykorzystywać silne strony”

Zagrożenie powodzią stanowi jedno z większych wyzwań w ujęciu logistycznym, przyrodniczym i technicznym.

Istotne jest zatem posiadanie informacji o **potencjalnym zagrożeniu powodziami**, co daje szansę na przeciwdziałanie temu zjawisku oraz minimalizację szkód. Szczególne zagrożenie powodziowe stanowią **rzeki**. Skuteczną ocenę zagrożeń powodziowych daje **monitoring hydrogeologiczny**, prowadzony w obrębie wałów przeciwpowodziowych oraz obszarów zurbanizowanych w **dolinie Odry**. W ramach projektu **SmartRiver-Inteligentne Nadodrze** przewidziano - między innymi - **monitoring hydrogeologiczny miasta Słubice**. Będzie on prowadzony w dwóch etapach; aktualnie jest realizowany **etap I**.

Die Hochwassergefahr stellt eine der größten logistischen, naturkundlichen und technischen Herausforderungen. Deshalb sind Informationen über die **potenziellen Hochwassergefahren** wichtig für die Bekämpfungsmaßnahmen und die Minimierung der Schäden. Besonders gefährlich sind dabei die **Flüsse**. Eine wirksame Beurteilung von Risiken ermögliche **das hydrogeologische Monitoring** an den Deichen und bebauten Gebieten des **Odertals**. Im Rahmen des Projektes **SmartRiver-Intelligentes Odergebiet** wurde – unter anderem – **das hydrogeologische Monitoring der Stadt Słubice** vorgesehen. Es wird in zwei Etappen durchgeführt werden; aktuell wird die **1. Etappe** durchgeführt.

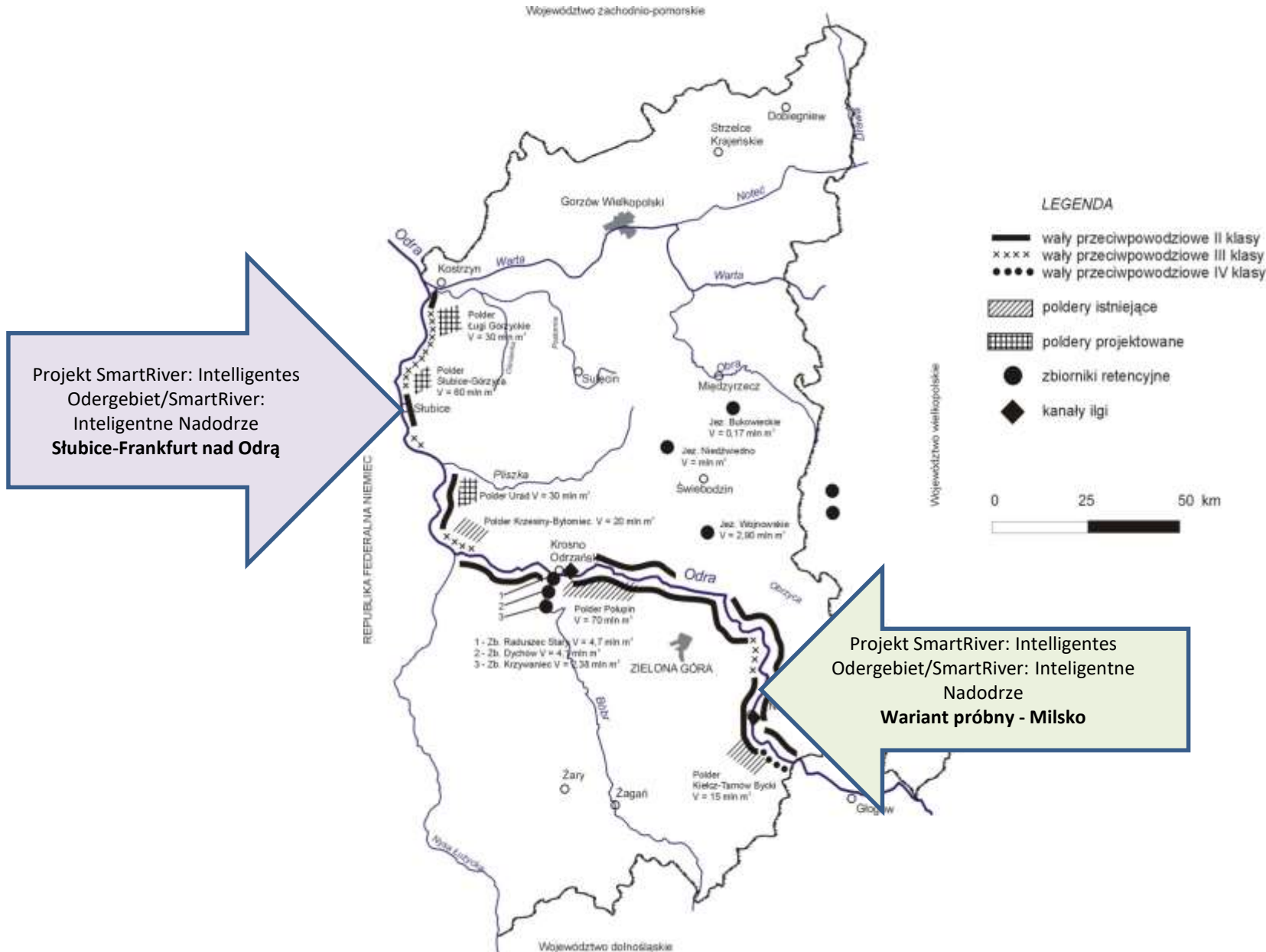


OBJAŚNIENIA

- 1 Lokalizacja punktów badawczych - etap I
- 1a Lokalizacja punktów badawczych - etap II
- ■ Modernizowany wał przeciwpowodziowy

Ochrona przeciwpowodziowa na lubuskim odcinku Odry

Hochwasserschutz an der Oder im Lebuser Land



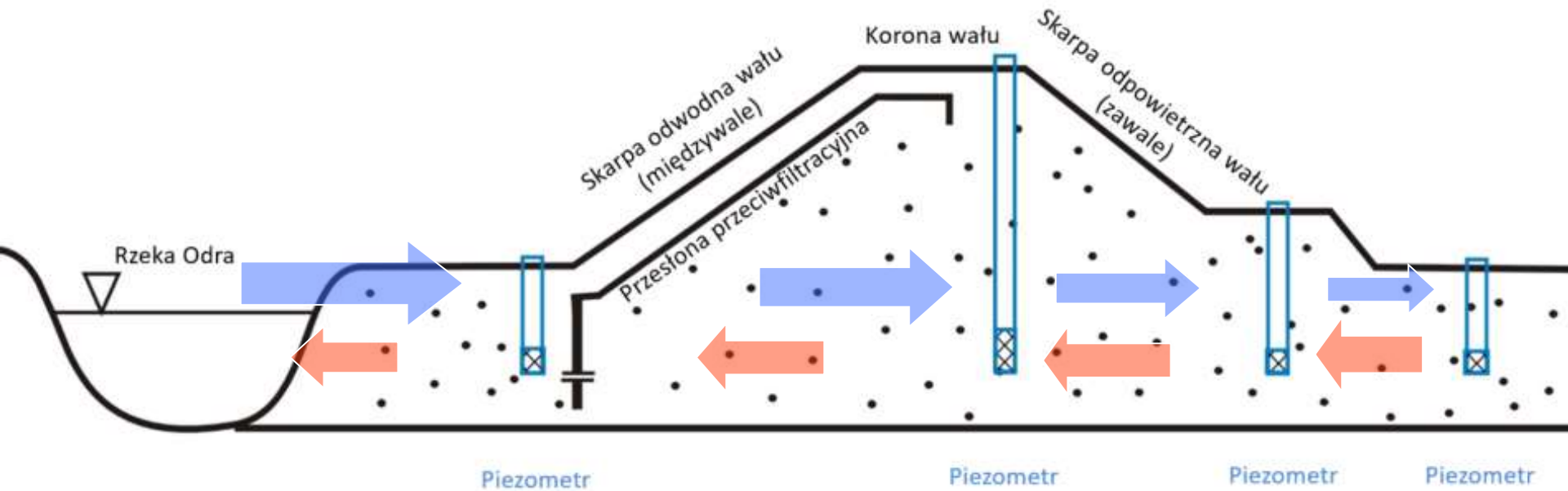
Lokalizacja badań hydrogeologicznych w Milsku

Standorte der hydrogeologischen Untersuchung



Schemat obserwacji hydrogeologicznych w wale

Schema der hydrologischen Beobachtung am Deich



Piezometry w Milsku / Piezometer in Milsko



Zestawienie badań hydrogeologicznych w Milsku

Zusammenstellung der hydrogeologischen Untersuchungen in Milsko

Data pomiaru Datum der Messung	Poziom wody w Odrze Wasserstand in der Oder	Poziom zwierciadła wód podziemnych w wale przeciwpowodziowym Grundwasserspiegel			Kierunek filtracji wody Richtung der Sickerströmung		Wysokość piętrzenia wody pomiędzy piezometrami I i III Stauhöhe
		Piezometr III - skarpa odwodna wału (międzywale)	Piezometr II - korona wału (oś wału)	Piezometr I - skarpa odpowietrzna wału (zawale)	od Odry w kierunku zawala	od zawala w kierunku Odry	
-	m n.p.m.	m n.p.m.	m n.p.m.	m n.p.m.	-	-	m
03.09.2019	55,25	56,05	55,92	56,46		x	0,41
13.09.2019	55,35	56,20	55,92	56,31		x	0,11
12.10.2019	55,30	55,94	55,97	56,34		x	0,40
29.10.2019	55,35	56,10	55,87	56,36		x	0,26
20.11.2019	56,10	56,10	55,97	56,00	x		0,10
30.12.2019	56,35	56,37	56,42	56,60		x	0,37
29.01.2020	55,85	56,07	56,02	56,55		x	
29.02.2020	56,70	56,90	56,71	57,06		x	
13.03.2020	56,55	56,70	56,62	57,01		x	
26.04.2020	55,70	56,32	56,31	56,63		x	
26.05.2020	55,85	56,13	56,02	56,39		x	
20.06.2020	56,20	56,18	56,15	56,36		x	

Legenda:

- 55,35** – stany niskie wody
- 55,25** - absolutne minimum
- 58,70** – stany wysokie wody
- 59,00** - absolutne maksimum
- 59,00 - odczyty zdalne

Zestawienie badań hydrogeologicznych w Milsku cd...

Zusammenstellung der hydrogeologischen Untersuchungen in Milsko

Data pomiaru	Poziom wody w Odrze	Poziom zwierciadła wód podziemnych w wale przeciwpowodziowym			Kierunek filtracji wody		Wysokość piętrzenia wody pomiędzy piezometrami I i III
		Piezometr III - skarpa odwodna wału (międzywale)	Piezometr II - korona wału (oś wału)	Piezometr I - skarpa odpowietrzna wału (zawale)	od Odry w kierunku zawala	od zawala w kierunku Odry	
-	m n.p.m.	m n.p.m.	m n.p.m.	m n.p.m.	-	-	m
25.06.2020	57,50	57,48	57,32	57,55		x	0,07
30.06.2020	58,30	57,95	57,97	58,31	x	x	0,36
03.07.2020	58,20	58,20	58,17	58,59		x	0,39
10.07.2020	57,50	57,69	57,52	57,88		x	0,19
13.07.2020	57,60	57,35	57,42	57,80		x	0,45
31.07.2020	55,80	56,99	56,77	57,26		x	0,27
30.08.2020	55,75	56,47	56,52	56,93			
30.09.2020	56,05	56,57	56,77	57,10			
21.10.2020	58,70	58,75	58,67	58,56	x		
27.10.2020	59,00	58,97	58,87	58,60	x		
10.11.2020	58,10	58,07	57,97	58,43			
25.11.2020	57,55	57,50	57,44	57,75			

Legenda:

55,35 – stany niskie wody

55,25 - absolutne minimum

58,70 – stany wysokie wody

59,00 - absolutne maksimum

59,00 - odczyty zdalne

Zestawienie badań hydrogeologicznych w Milsku cd...

Zusammenstellung der hydrogeologischen Untersuchungen in Milsko

Data pomiaru	Poziom wody w Odrze	Poziom zwierciadła wód podziemnych w wale przeciwpowodziowym			Kierunek filtracji wody		Wysokość piętrzenia wody pomiędzy piezometrami I i III
		Piezometr III - skarpa odwodna wału (międzywale)	Piezometr II - korona wału (oś wału)	Piezometr I - skarpa odpowietrzna wału (zawale)	od Odry w kierunku zawala	od zawala w kierunku Odry	
-	m n.p.m.	m n.p.m.	m n.p.m.	m n.p.m.	-	-	m
06.12.2020	57,33	57,56	57,22	57,35	x		0,21
21.12.2020	57,50	57,48	57,42	57,72		x	0,24
27.01.2021	57,70	57,56	57,17	57,30	x		0,26
26.02.2021	57,55	57,79	57,42	57,60	x		0,19
26.03.2021	57,10	57,64	57,30	57,45	x		0,19
04.04.2021	56,95	57,46	57,12	57,25	x		0,21
25.04.2021	57,75	57,74	57,37	57,50	x		0,21
19.05.2021	58,10	58,11	57,97	57,90	x		0,21
28.06.2021	56,50	56,96	56,77	56,75	x		0,21
27.07.2021	56,75	56,80	56,57	56,57	x		0,21
26.08.2021	56,50	56,56	56,27	56,30	x		0,21
28.09.2021	56,80	56,91	56,62	56,65	x		0,21

Legenda:

- 55,35 – stany niskie wody
- 55,25 - absolutne minimum
- 58,70 – stany wysokie wody
- 59,00 - absolutne maksimum
- 59,00 - odczyty zdalne

Zestawienie badań hydrogeologicznych w Milsku cd...

Zusammenstellung der hydrogeologischen Untersuchungen in Milsko

Data pomiaru	Poziom wody w Odrze	Poziom zwierciadła wód podziemnych w wale przeciwpowodziowym			Kierunek filtracji wody		Wysokość piętrzenia wody pomiędzy piezometrami I i III
		Piezometr III - skarpa odwodna wału (międzywale)	Piezometr II - korona wału (oś wału)	Piezometr I - skarpa odpowietrzna wału (zawale)	od Odry w kierunku zawala	od zawala w kierunku Odry	
-	m n.p.m.	m n.p.m.	m n.p.m.	m n.p.m.	-	-	m
26.10.2021	56,45	56,66	56,31	56,40	x		0,26
07.11.2021	56,30	56,58	56,42	56,60		x	0,02
29.11.2021	56,25	56,36	56,17	56,20	x		0,16
26.12.2021	56,40	56,51	56,32	56,30	x		0,21
21.01.2022	56,45	56,81	56,52	56,65	x		0,16
08.02.2022	56,80	57,16	56,87	56,80	x		0,36
02.03.2022	57,15	57,36	57,17	57,20	x		0,16
21.03.2022	56,55	56,96	56,72	56,70	x		Legenda: 55,35 – stany niskie wody 55,25 - absolutne minimum 58,70 – stany wysokie wody 59,00 - absolutne maksimum 59,00 - odczyty zdalne
26.04.2022	56,75	56,96	56,67	56,75	x		
24.05.2022	56,50	56,66	56,47	56,35	x		
22.06.2022	56,75	56,46	56,17	56,25	x		
29.07.2022	55,50	55,86	55,77	55,65	x		

Zestawienie badań hydrogeologicznych w Milsku cd...



Zusammenstellung der hydrogeologischen Untersuchungen in Milsko

Data pomiaru`	Poziom wody w Odrze	Poziom zwierciadła wód podziemnych w wale przeciwpowodziowym			Kierunek filtracji wody		Wysokość piętrzenia wody pomiędzy piezometrami I i III
		Piezometr III - skarpa odwodna wału (międzywale)	Piezometr II - korona wału (oś wału)	Piezometr I - skarpa odpowietrzna wału (zawale)	od Odry w kierunku zawala	od zawala w kierunku Odry	
-	m n.p.m.	m n.p.m.	m n.p.m.	m n.p.m.	-	-	m
29.08.2022	56,95	56,30	56,32	56,56		x	0,26
23.09.2022	56,95	56,71	56,52	56,50	x		0,21
23.10.2022	56,60	56,71	56,47	56,40	x		0,31
27.11.2022	56,45	56,51	56,22	56,20	x		0,31
30.12.2222	56,57	56,96	56,67	56,65	x		0,31
07.01.2023	56,57	56,96	56,67	56,65	x		0,31
24.01.2023	57,00	57,11	56,82	56,75	x		
22.02.2023	57,25	57,31	57,12	57,10	x		

Legenda:

55,35 – stany niskie wody

55,25 - absolutne minimum

58,70 – stany wysokie wody

59,00 - absolutne maksimum

59,00 - odczyty zdalne

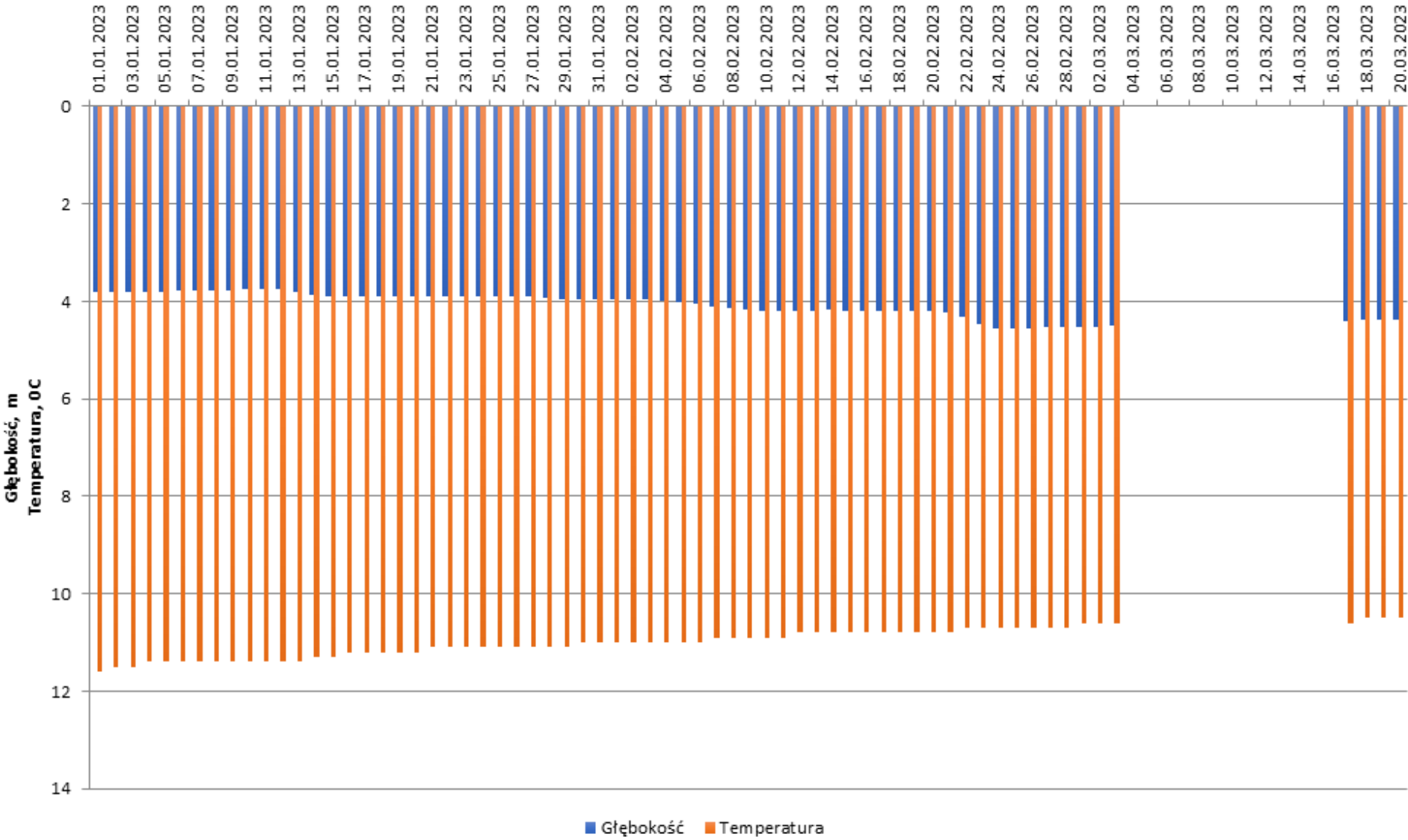
Wariant próbny projektu SmartRiver Testlauf im Rahmen des Projektes SmartRiver



System funkcjonuje w piezometrze I w Milsku od 08.02.2022 r. do dzisiaj
Das System funktioniert am Piezometer I in Milsko seit 8.2.22 bis heute

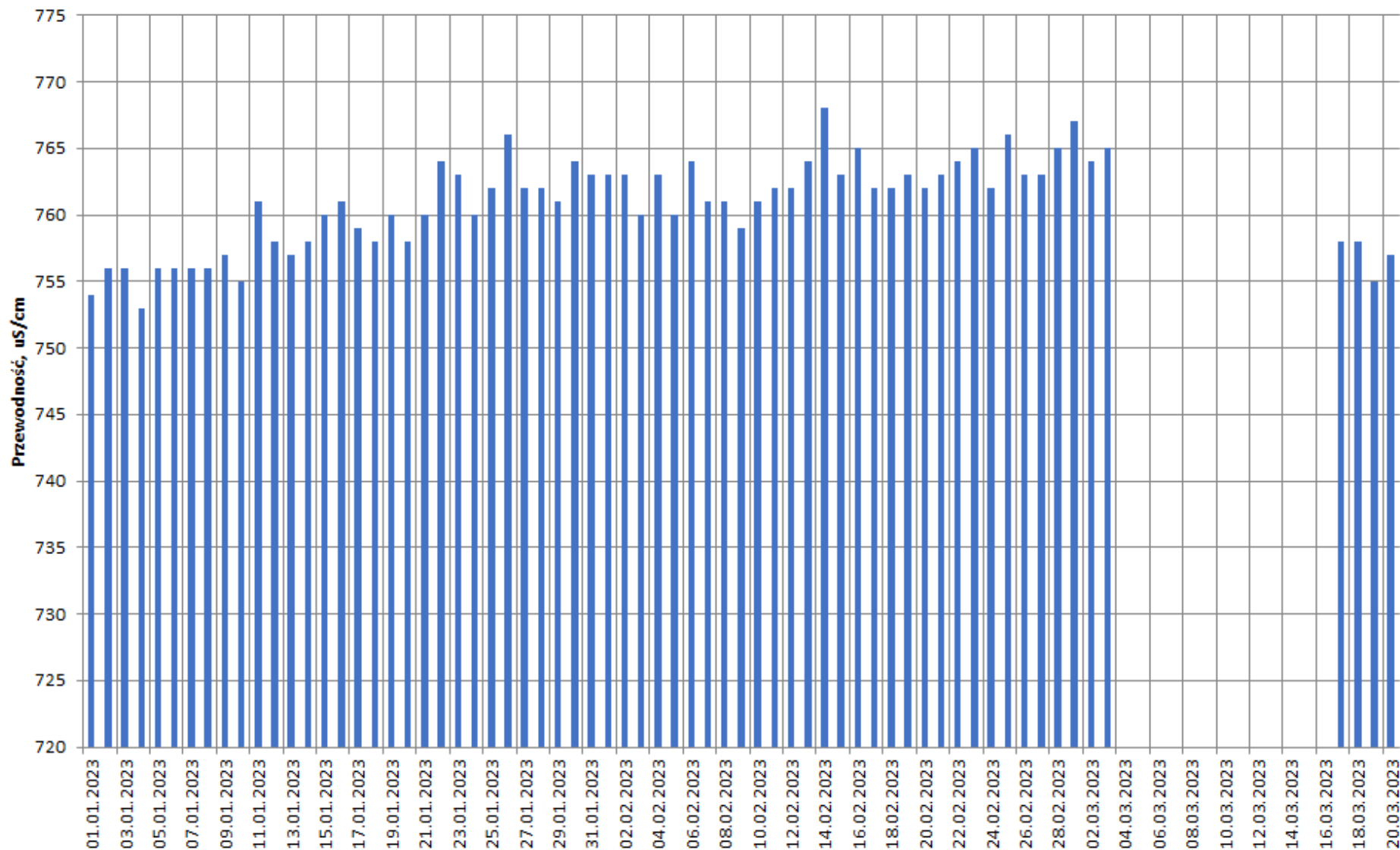
Przykładowe wyniki uzyskane zdalnie w piezometrze I w Milsku

Monitoringsdaten am Piezometer I in Milsko



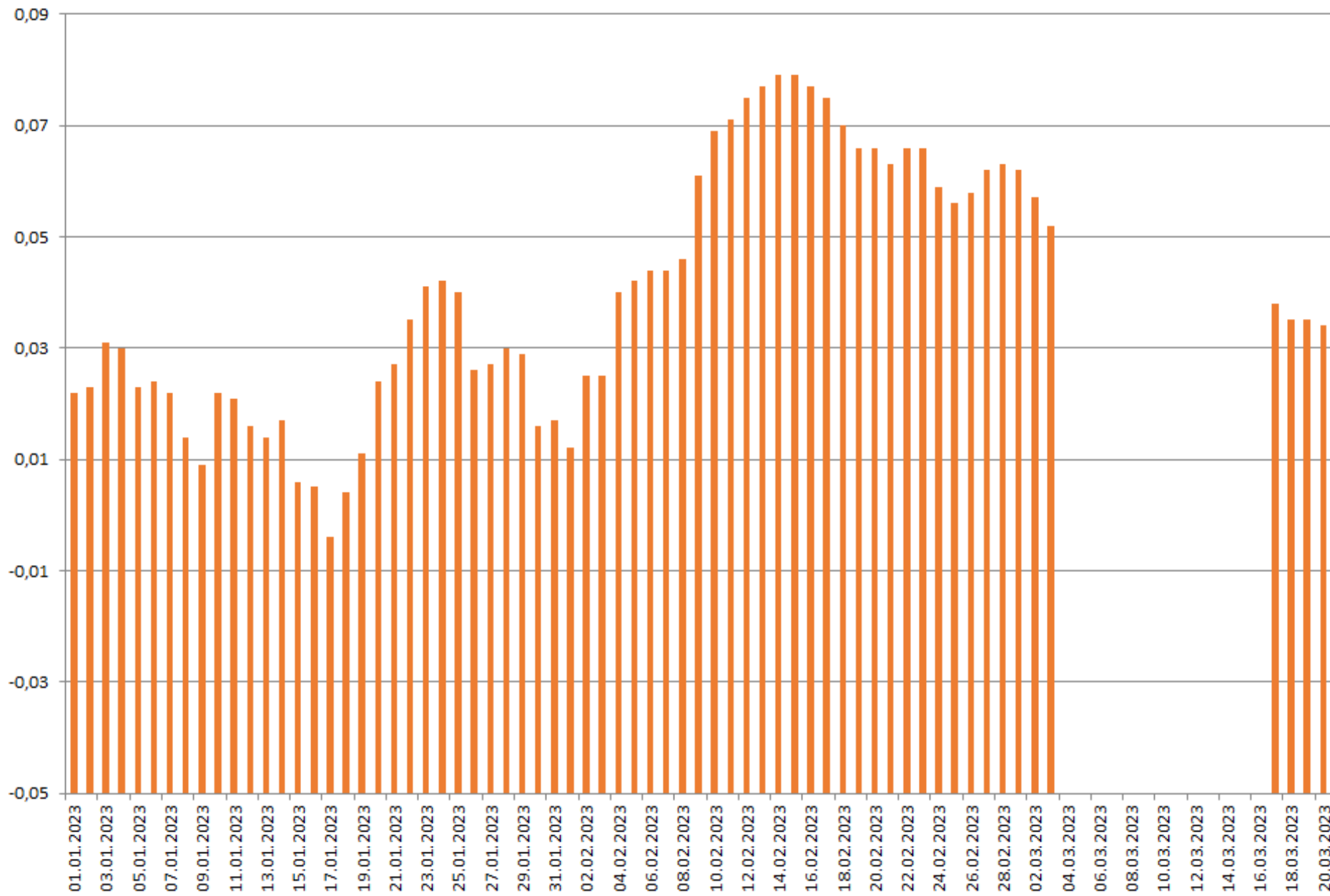
Przykładowe wyniki uzyskane zdalnie w piezometrze I w Milsku

Monitoringsdaten am Piezometer I in Milsko



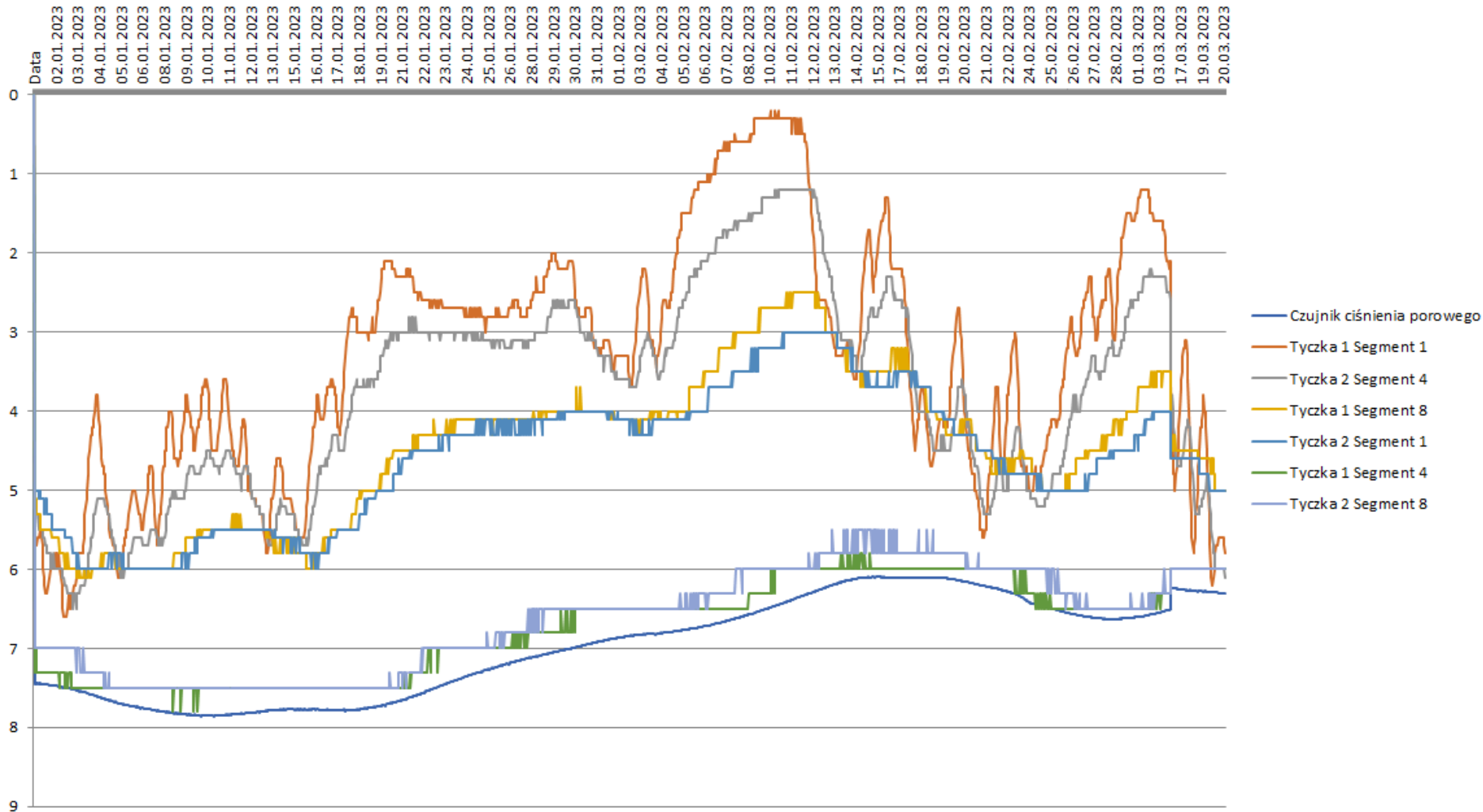
Przykładowe wyniki uzyskane zdalnie w piezometrze I w Milsku

Monitoringsdaten am Piezometer I in Milsko



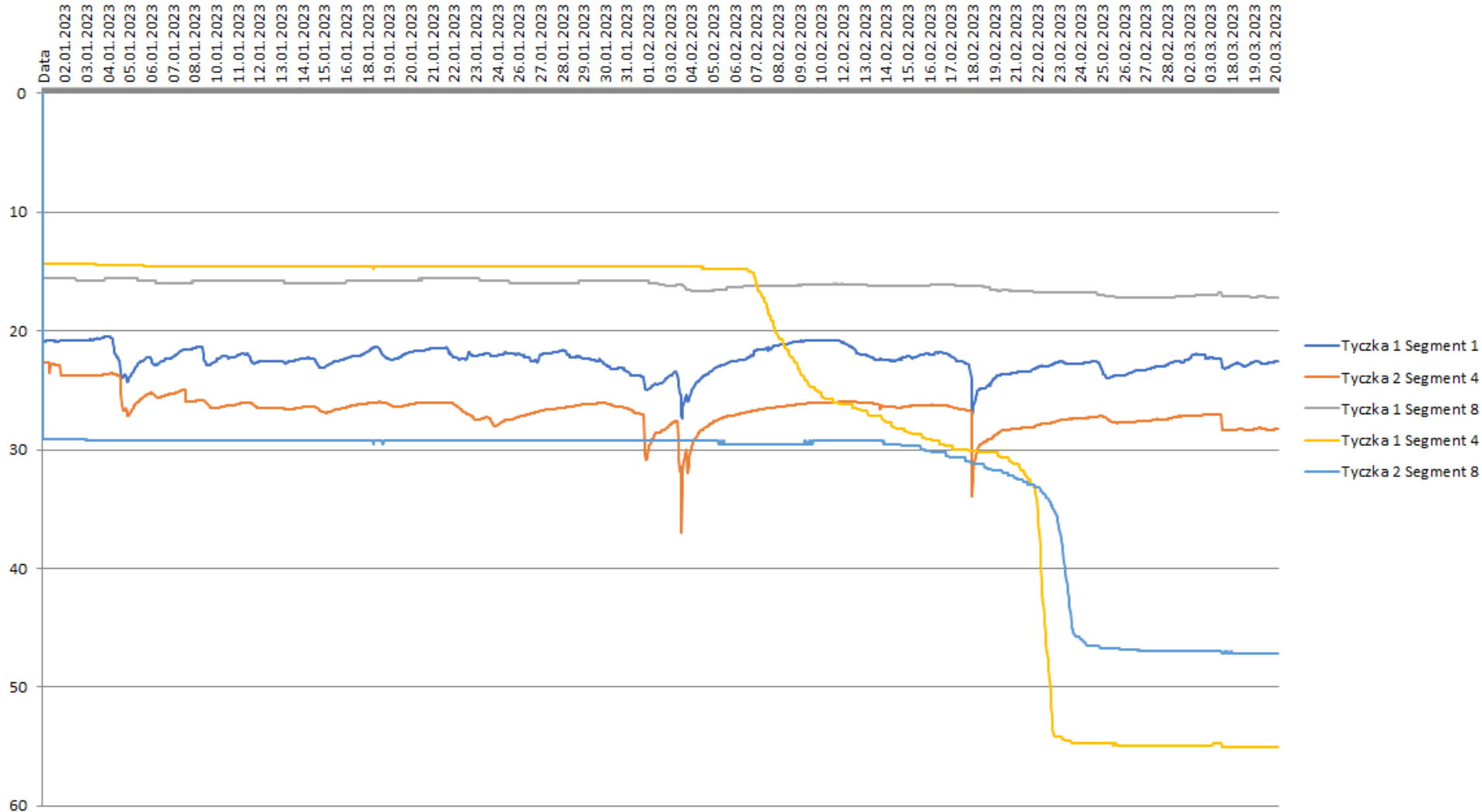
Przykładowe wyniki uzyskane zdalnie w Miłsku

Monitoringsdaten in Miłsko



Przykładowe wyniki uzyskane zdalnie w Miłsku

Monitoringsdaten in Miłsko

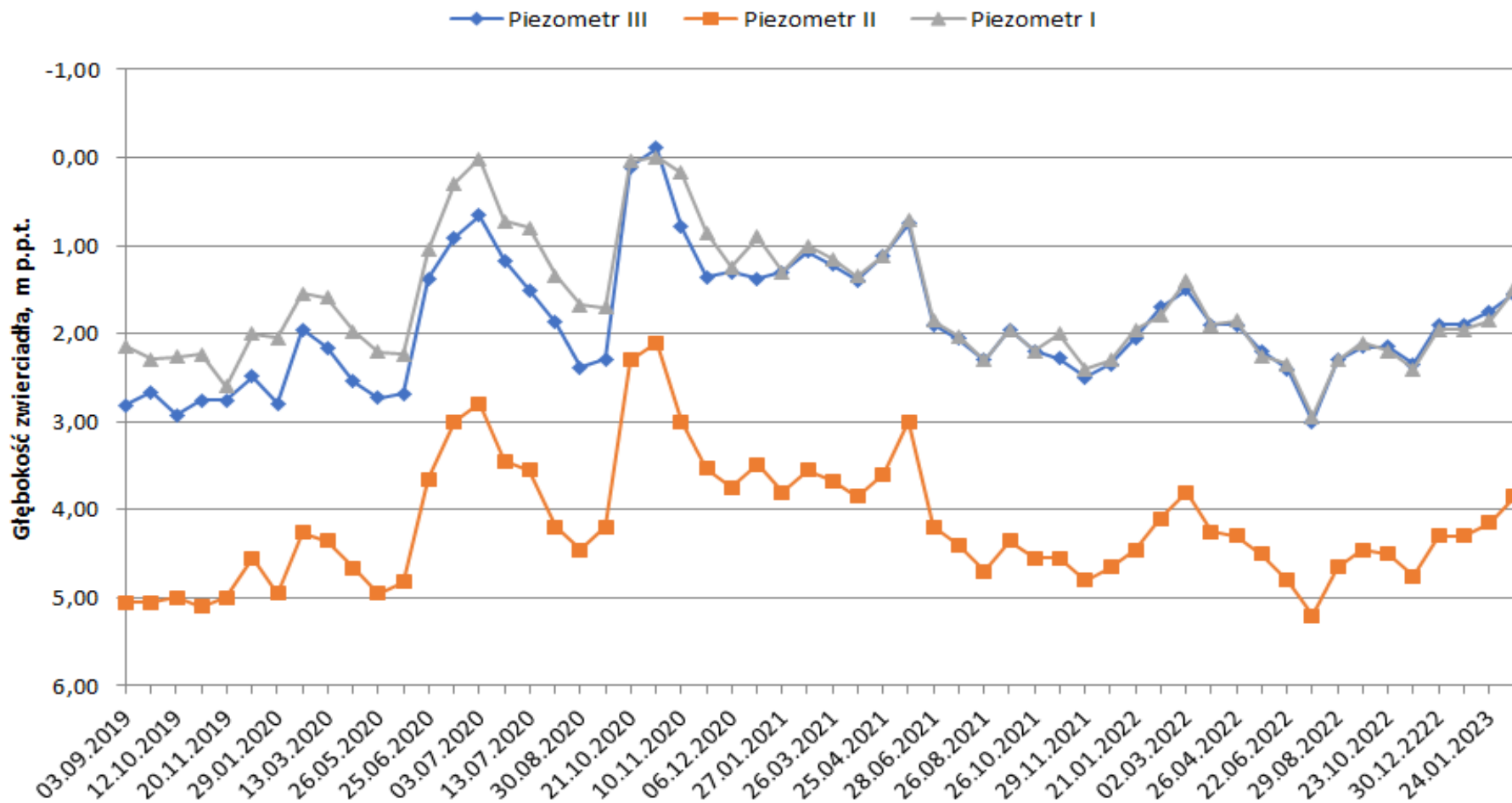




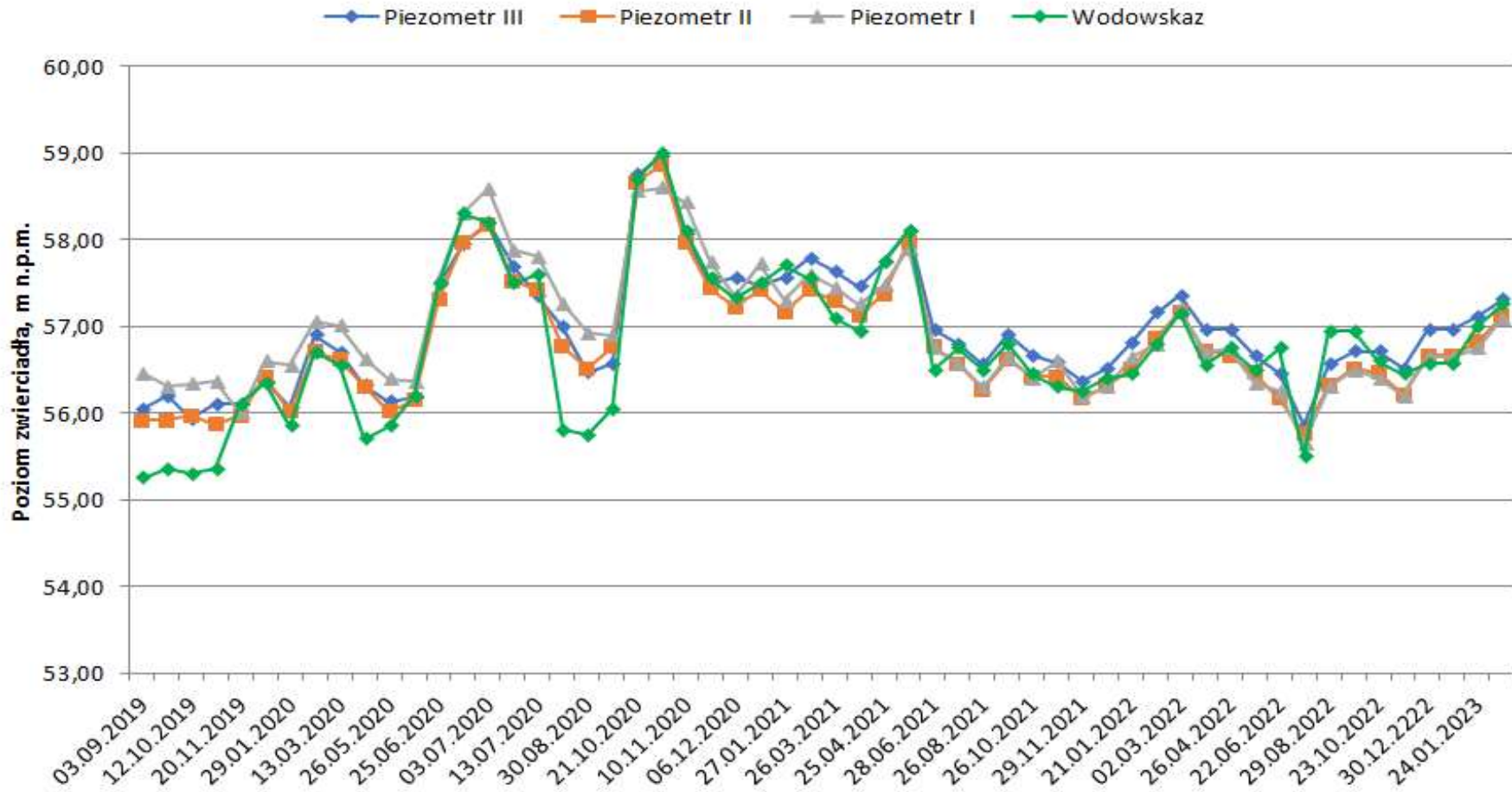
Parametr	Poziom wody w Odrze	Poziom zwierciadła wód podziemnych w wale przeciwpowodziowym			Wysokość piętrzenia wody pomiędzy piezometrami I i III
		Piezometr III - skarpa odwodna wału (międzywale)	Piezometr II - korona wału (oś wału)	Piezometr I - skarpa odpowietrzna wału (zawale)	
-	m n.p.m.	m n.p.m.	m n.p.m.	m n.p.m.	m
Min.	55,25	55,86	55,77	55,65	0,02
Max.	59,00	58,97	58,87	58,60	0,53
Średnia arytmetyczna	56,77	56,97	56,80	56,96	0,26
Mediana	56,65	56,91	56,67	56,73	0,26
Odchylenie standardowe	0,85	0,70	0,70	0,70	0,10
Dominanta	56,45	56,96	56,52	56,65	0,21

Stany wody w piezometrach zainstalowanych w Milsku

Wasserstand an Piezometer im Deich Milsko

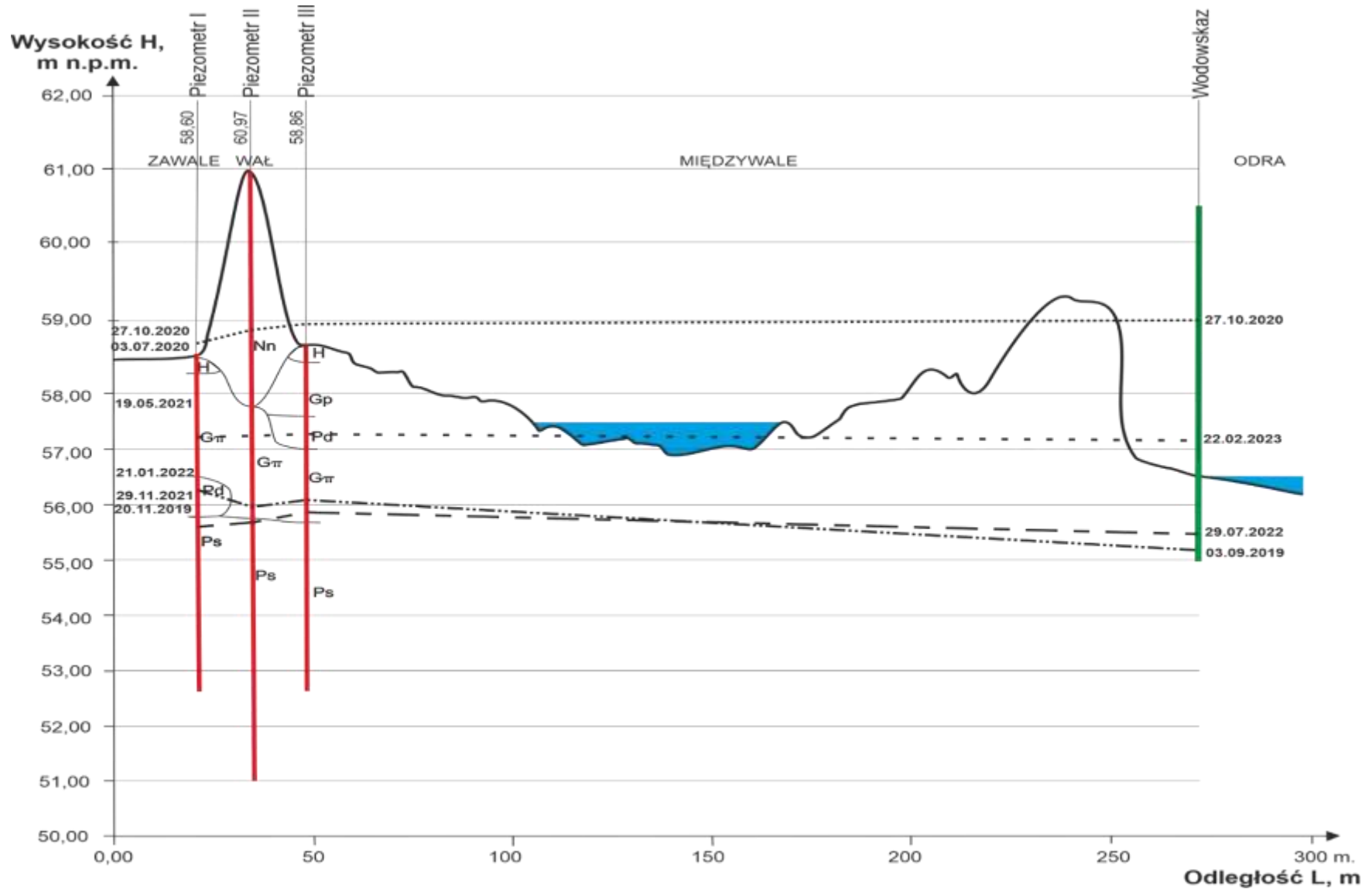


Stany wody na wodowskazie na Odrze oraz w piezometrach w Miłsku Wasserstand Pegel an der Oder und Piezometer im Deich Miłsko



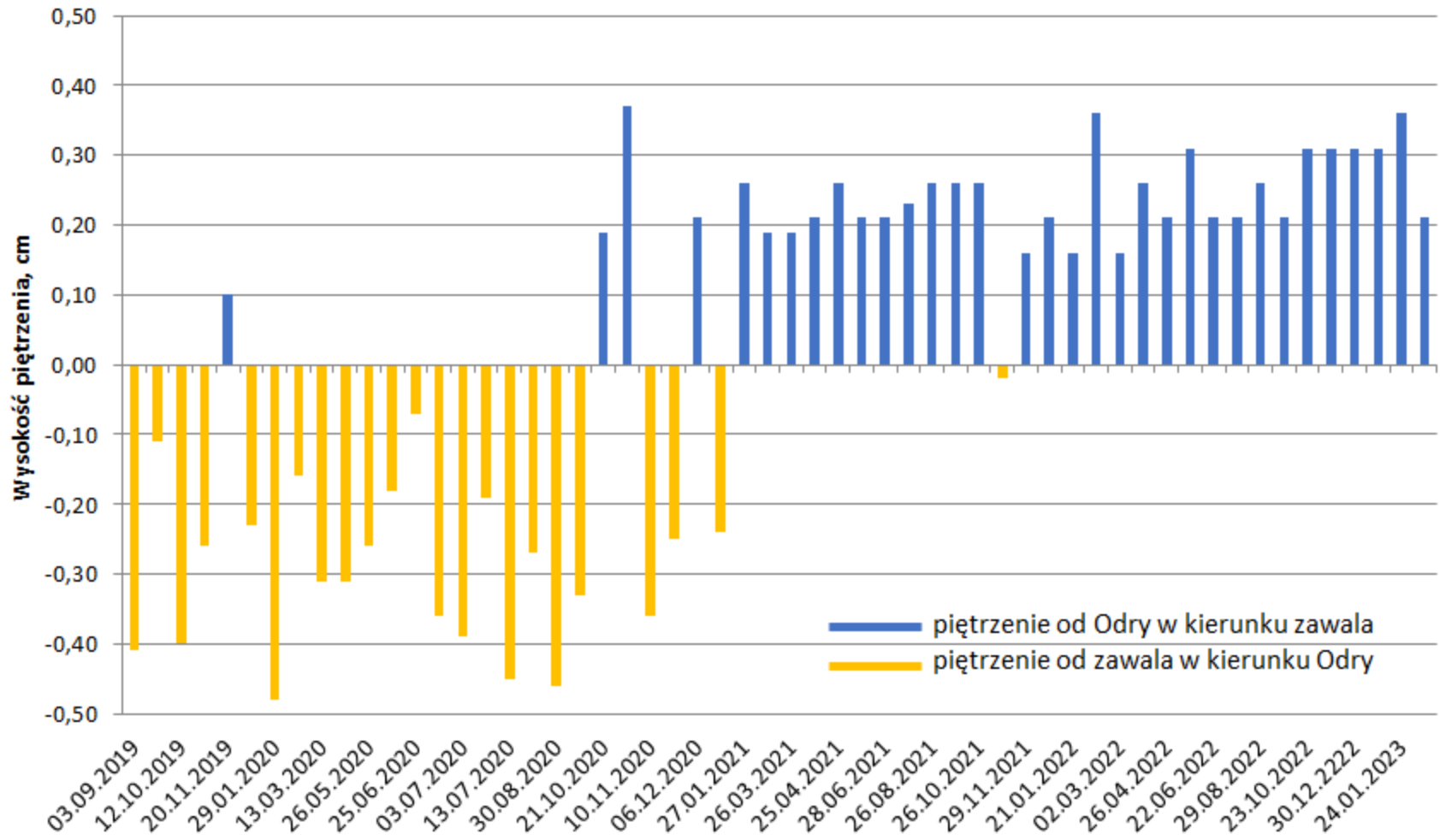
Przekrój hydrogeologiczny przez wał przeciwpowodziowy w Milsku

Hydrogeologischer Schnitt Deich Milsko



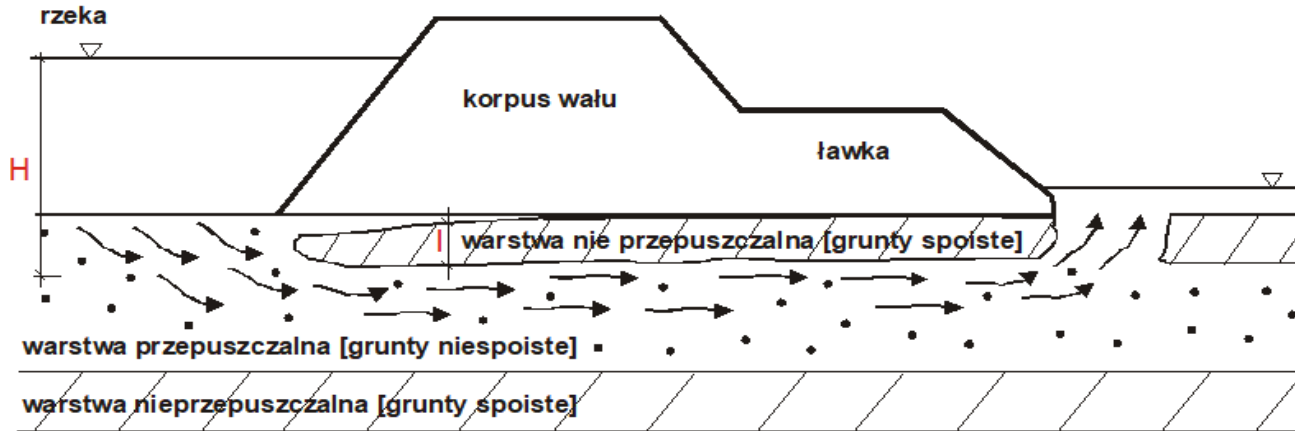
Wysokość piętrzenia wody przez wał przeciwpowodziowy w Milsku

Stauhöhe am Deich Milsko



Modelowanie w zakresie możliwości przebicia hydraulicznego

Modellierung möglicher Durchbrüche durch undurchlässige Schicht



Kategoria oceny możliwości przebicia hydraulicznego	Współczynnik pewności przebicia hydraulicznego $F_4 = 21:H$	Przebicie hydrauliczne
A	$F_4 \geq 2$	wykluczone
B	$1 < F_4 < 2$	możliwe
C	$F_4 \leq 1$	bardzo prawdopodobne

H – wysokość słupa wody do spągu warstwy nieprzepuszczalnej (ciśnienie wody wywierane na spąg warstwy)

l – miąższość warstwy nieprzepuszczalnej

Analiza filtracji wody przeprowadzona w rejonie Miłska w okresie 03.09.2019 r. – 22.02.2023 r. wykazała, że:

stany powodziowe na Odrze, jakie miały miejsce w okresie 21-27.10.2020, spowodowały **przebicie hydrauliczne przez nieprzepuszczalne podłoże wałów przeciwpowodziowych**.

Skutkowało to **zmianą kierunku filtracji**:

- od 03.09.2019 r. do 30.09.2020 r. w analizowanym wale dominowała **filtracja wody od strony odpowietrznej wału (zawala), poprzez wał, w kierunku międzywala i Odry**,
- w okresie 21.10.2020 r.- 27.10.2020 r. zarówno na Odrze, jak i w wałach przeciwpowodziowych analizowanego odcinka Odry, miały miejsce **maksymalne stany** osiągające rzędną 59,00 m n.p.m. (Odra) i 58,97 – 58,60 m n.p.m. (wał przeciwpowodziowy),
- od 10.11.2020 do 22.02.2023 r. w analizowanym wale dominowała **filtracja wody od Odry i międzywala, poprzez wał, w kierunku zawala**.

Die Analyse der Sickerströmung am Standort Miłsko vom 03.09.2019 – 22.02.2023 ergab, dass die **Hochwasserstände** an der Oder im Zeitraum 21.-27.10.2020 zum **hydraulischen Durchbruch durch undurchlässige Schicht der Hochwasserdeiche** führte.

Als Folge war die **Änderung der Richtung der Sickerströmung** zu verzeichnen:

- Vom 30.09.2019 bis zum 30.09.2020 überwiegt die **Sickerströmung aus Richtung der landesseitigen Böschung, über den Deich in Richtung Deichvorland und Oder**,
- Vom 21.10.2020-27.10.2020 wurden **maximale Wasserstände** auf der Oder und an Deichen der untersuchten Strecke mit 59,00 m ü. M. (Oder) und 58,97 – 58,60 m ü. M. (Deich) verzeichnet,
- Vom 10.11.2020-22.02.2023 dominierte die **Sickerströmung von der Oder und Odervorland, über den Deich in Richtung landesseitige Böschung**.

Piezometry zainstalowane w Milsku stanowią dobry poligon doświadczalny do analizy filtracji wody przez wał przeciwpowodziowy i ewentualnych zagrożeń powodziowych.

Elektroniczny monitoring wałów przeciwpowodziowych, wykorzystany w Milsku jako próbny wariant projektu „SmartRiver: Intelligentes Odergebiet/SmartRiver: Intelligentne Nadodrze”, jest niezbędnym elementem systemu ciągłego monitorowania wałów przeciwpowodziowych, z zastosowaniem współcześnie dostępnych technologii teleinformatycznych.

Die Piezometer in Milsko stellen ein gutes Übungsfeld für die Analyse der Sickerströmung am Deich und ggf. Identifizierung von Hochwassergefahren dar. Das elektronische Monitoring der Hochwasserdeiche in Milsko als Testlauf im Rahmen des Projektes „SmartRiver: Intelligentes Odergebiet” ist ein unentbehrliches Element eines ständigen Monitorings der Hochwasserdeiche unter Einsatz der gegenwärtig zugänglichen Technologien der Teleinformatik.

Dziękuję za uwagę.

Vielen Dank für Ihre
Aufmerksamkeit!