

**Interreg**  
CENTRAL EUROPE



**DEEPWATER-CE**

European Union  
European Regional  
Development Fund

TAKING  
**COOPERATION**  
FORWARD



Seminars to present project outputs to decision makers in order to raise political awareness (D.C.5.1)

28.02.2022 r., Microsoft Teams



**Dotychczasowe wyniki badań z polskiego obszaru  
pilotażowego w projekcie DEEPWATER-CE  
- ujęcie infiltracyjne Świerczków w Tarnowie**



Uniwersytet Śląski w Katowicach

# Struktura projektu DEEPWATER-CE

*Opracowanie zintegrowanego podejścia we wdrażaniu rozwiązań dotyczących gospodarowania dodatkowym zasilaniem wód podziemnych (MAR) w celu ułatwienia ochrony zasobów wodnych Europy Środkowej zagrożonych zmianami klimatu i konfliktami użytkowników*

Pakiety zadań w projekcie DEEPWATER-CE	T1- Opracowanie bazy wiedzy na temat zastosowania MAR w EŚ	T2- Opracowanie metodologii oceny dla podejmowania decyzji dotyczących lokalizacji MAR w EŚ	M - Zarządzanie projektem
	T3- Ocena wykonalności ustanowienia rozwiązań MAR w obszarach pilotażowych	T4- Opracowanie zaleceń dla implementacji MAR w EŚ oraz wypracowanie planów działania	C- Komunikacja
			Czas trwania: 01.05.2019-30.04.2022

*MAR- to celowe uzupełnianie wody w warstwach wodonośnych, na potrzeby późniejszego odzyskania lub uzyskania korzyści środowiskowych.*

*Zarządzanie procesem zapewnia odpowiednią ochronę zdrowia ludzkiego i środowiska.*



# Partnerzy projektu

Lp.	Partnerzy Projektu	Rola
1.	Mining and Geological Survey of Hungary	LP
2.	Geogold Kárpátia Ltd.	PP-2
3.	Technical University of Munich	PP-3
4.	University of Silesia in Katowice	PP-4
5.	State Water Holding 'Polish Waters'	PP-5
6.	Water Research Institute	PP-6
7.	Split Water and Sewerage Company Ltd.	PP-7
8.	Croatian Geological Survey	PP-8

Lp.	Partnerzy Stowarzyszeni Projektu	Stowarzyszeni z
1.	General Directorate of Water Management	LP
2.	Veneto Regional Agency for Environmental Protection	LP
3.	International Groundwater Resources Assessment Centre	LP
4.	Croatian Waters	PP7
5.	Tarnów Waterworks	PP4



## WP T1



### *Zbiór dobrych praktyk i analiza rozwiązań MAR w UE*

<https://www.interreg-central.eu/Content.Node/DEEPWATER-CE/D.T1.2.1-Collection-of-good-practices-and-benchmark-analysis.pdf>



### *Nagrania z 3 tematycznych szkoleń*

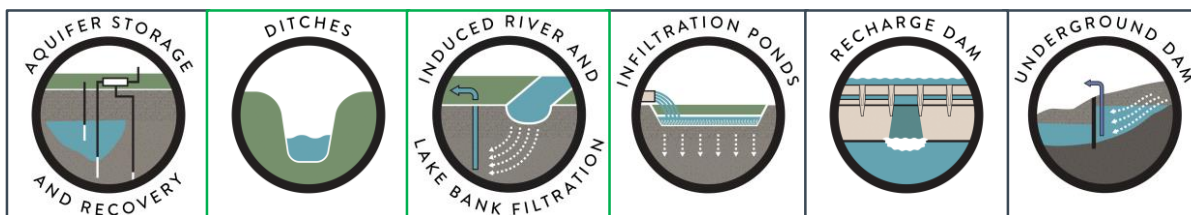
[https://www.youtube.com/channel/UCh3Iw3sFH\\_IpSw\\_YSzZ4mXg](https://www.youtube.com/channel/UCh3Iw3sFH_IpSw_YSzZ4mXg)

## WP T2



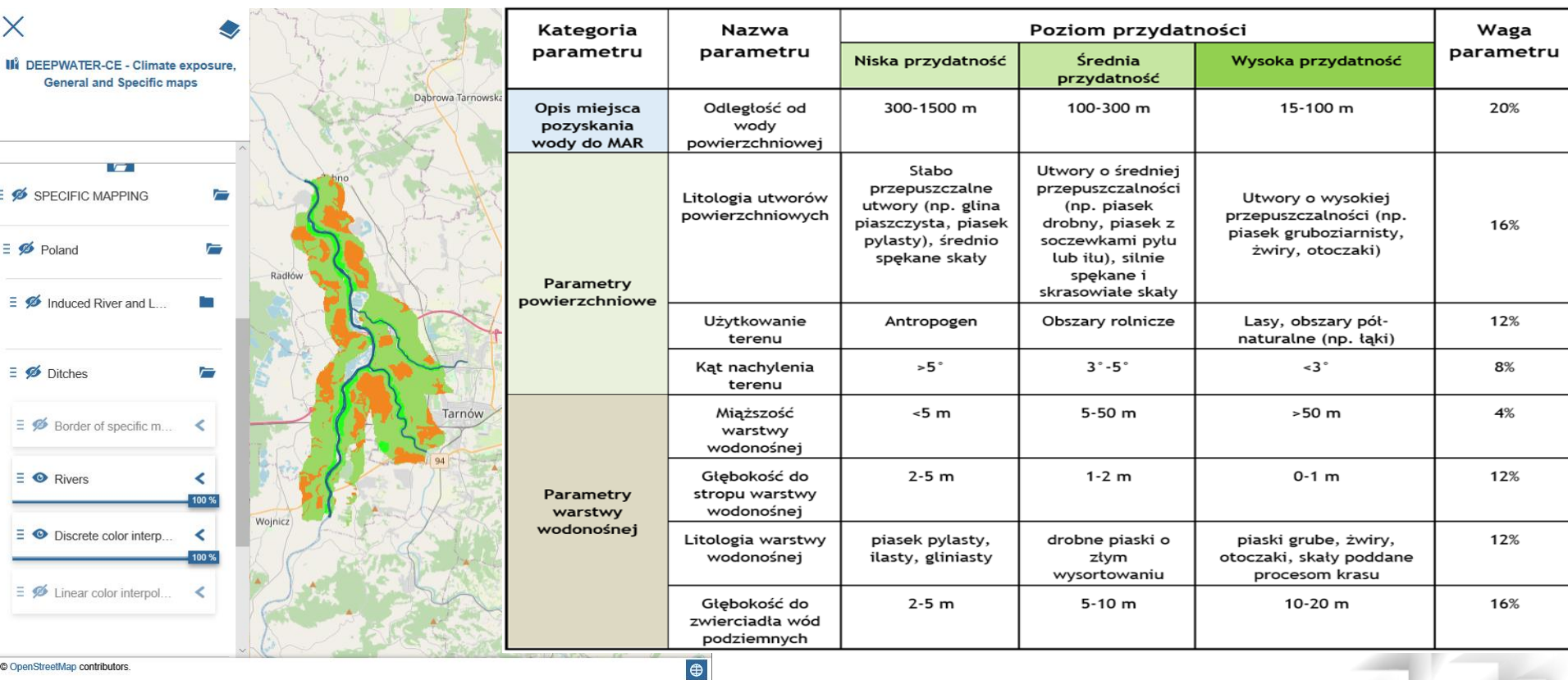
### *Poradnik wspomagania decyzji w zakresie wyznaczania potencjalnych lokalizacji dla MAR w Europie Środkowej*

<https://www.interreg-central.eu/Content.Node/2020-09-07-Handbook-Deliverable-D.T2.4.3-final.pdf>



Mapy są dostępne na platformie Global Groundwater Information System należącej do IGRAC (International Groundwater Resources Assessment Centre):

<https://ggis.un-igrac.org/maps/2171/embed>





## WP T3

### *Pilotażowe studium wykonalności dla MAR ze zintegrowanym podejściem środowiskowym*

Prace polegały między innymi na:

- opracowaniu ogólnej charakterystyki obszaru pilotażowego, w tym zapotrzebowania i zaopatrzenia w wodę, określenia jakości wód, oraz scharakteryzowania warunków hydrogeologicznych warstwy wodonośnej
- przeprowadzeniu analizy ryzyka, analizy kosztów i korzyści, wstępnej oceny oddziaływania na środowisko
- przeglądzie aktualnych regulacji i przepisów prawnych



<https://www.interreg-central.eu/Content.Node/DEEPWATER-CE/D.T3.2.5-COMMON-METHODOLOGICAL-GUIDANCE-FOR-DEEPWATER-CE-MAR.pdf>



stożek aluwialny Maros



rejon Tarnowa



Nizina Naddunajska



Wyspa Vis

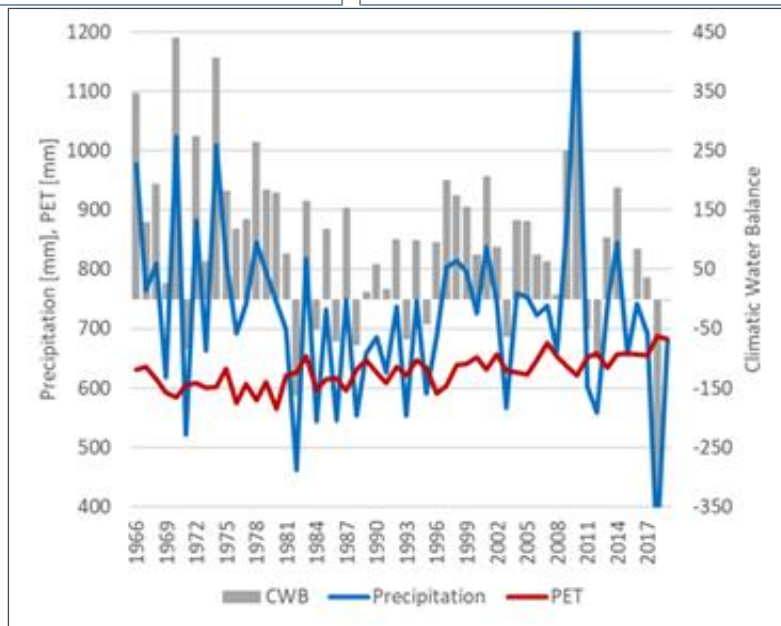
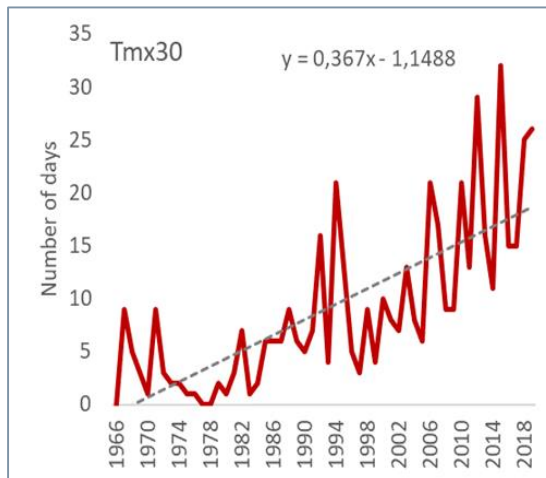
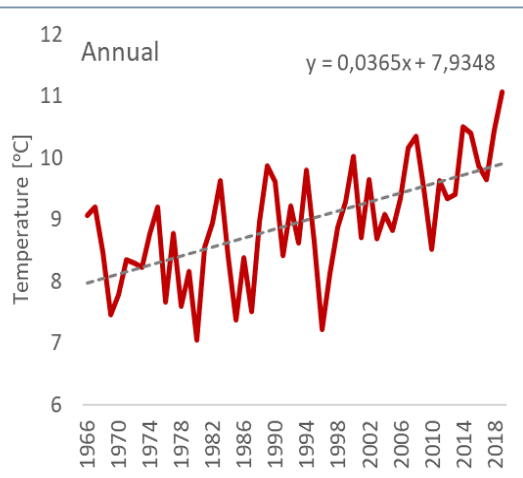
## WP T4



*Opracowanie planu działań na rzecz przyjęcia i rozpowszechnienia rozwiązań MAR w zarządzaniu zasobami wodnymi*



# Klimat Tarnowa (1966-2019)



Średnia temperatura powietrza dla okresu 1966-2019 to 8.9°C, wzrost śr. temp. 0.4°C na dekadę.

Największe tendencje wzrostowe dla miesięcy letnich, brak trendów w zmianach temp. poniżej 0°C ,

Najdłuższe lato termiczne w Polsce 114 dni.

Średnie roczne opady dla Tarnowa: 725 mm (1966-2019).

Maksimum opadów w lecie (lipiec)  
Minimum opadów w zimie (luty)

Zwiększa się ilość dni suchych i ilość dni z opadem powyżej 30 mm.



# Zapotrzebowanie i zaopatrzenie w wodę aglomeracji Tarnowskiej

Jednostka administracyjna	Pobór wody z sieci wodociągowej w mln m <sup>3</sup> (%)			Zmiany poboru	
	1998r.	2015r.	2019r.	1998/2015	2015/2019
miasto Tarnów	10,05 (83%)	5,54 (ok.60%)	5,36 (>55%)	spadek o ok 45%	spadek o ok.3,5 %
gmina Tarnów	0,59 (5%)	0,86 (>9%)	0,97 (10%)	wzrost o > 45%	wzrost o ok. 13%
powiat tarnowski (bez gminy Tarnów)	1,45 (12%)	2,93 (31%)	3,34 (35%)	wzrost o ok 100 %	wzrost ok. 14%
ogółem	12,09 (100%)	9,33 (100%)	9,66 (100%)	spadek o ok.23 %	wzrost o ok.3,5%

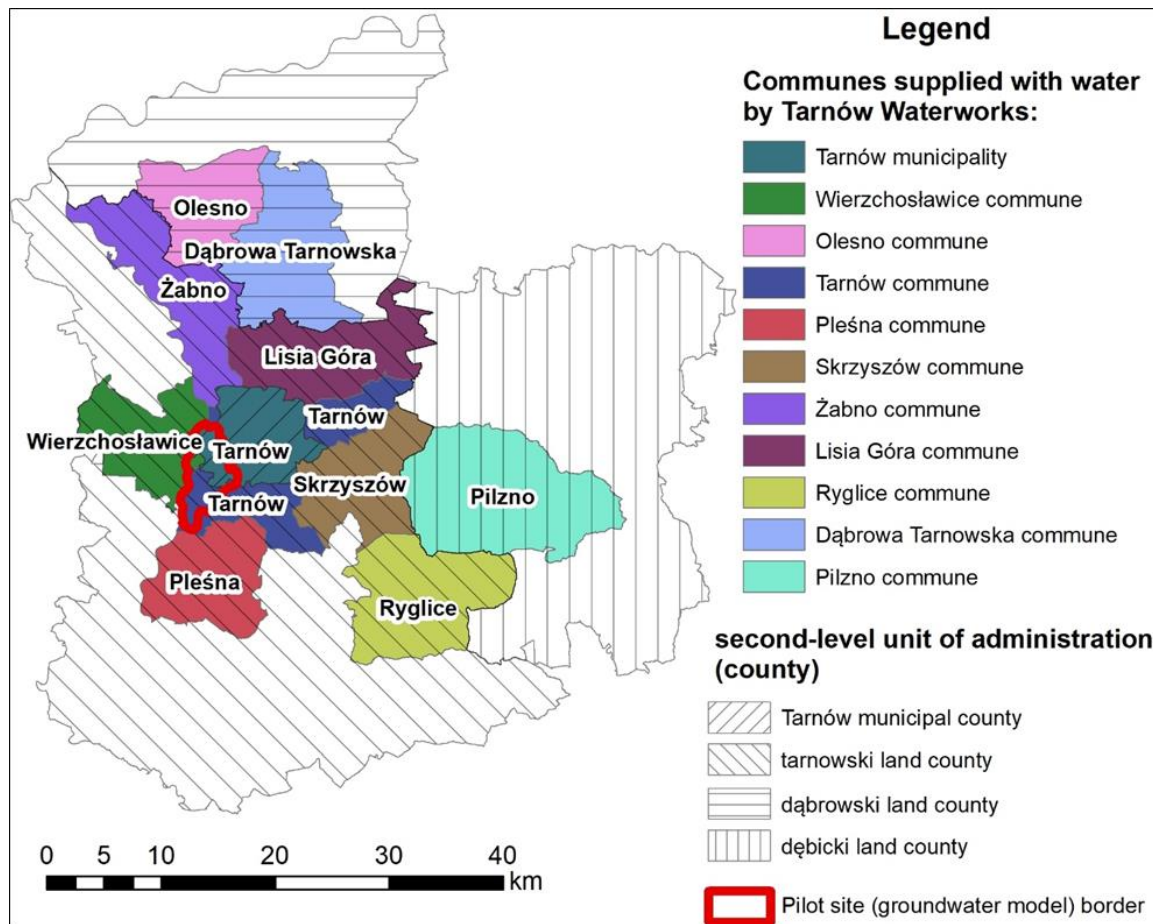
Jednostka administracyjna	Liczba mieszkańców – osoby (Procentowy udział w ogólnej populacji)			Zmiany w ilości mieszkańców	
	1998r.	2015r.	2019r.	1998/2015	2015/2019
miasto Tarnów	121494 (38%)	110644 (33%)	108470 (32%)	spadek o ponad 10%	spadek o ok. 2%
gmina Tarnów	20298 (6%)	25557 (7,5%)	26202 (8%)	wzrost o ok. 25%	wzrost o ok. 2,5%
powiat tarnowski (bez gminy Tarnów)	178926 (56%)	200600 (59,5%)	201497 (60%)	wzrost o ponad 12%	wzrost o ponad 0,4%
Ogółem	320718 (100%)	336801 (100%)	336169 (100%)	wzrost o ok.5%	spadek o ponad 0,2%





# Ilość wody dostarczona przez Tarnowskie Wodociągi Sp. z o.o. w latach 2016-2020

Rok	2016	2017	2018	2019	2020
m3	7,794,283	7,951,277	7,900,863	7,914,715	8,058,712



Wyzwania:

krótkoterminowe

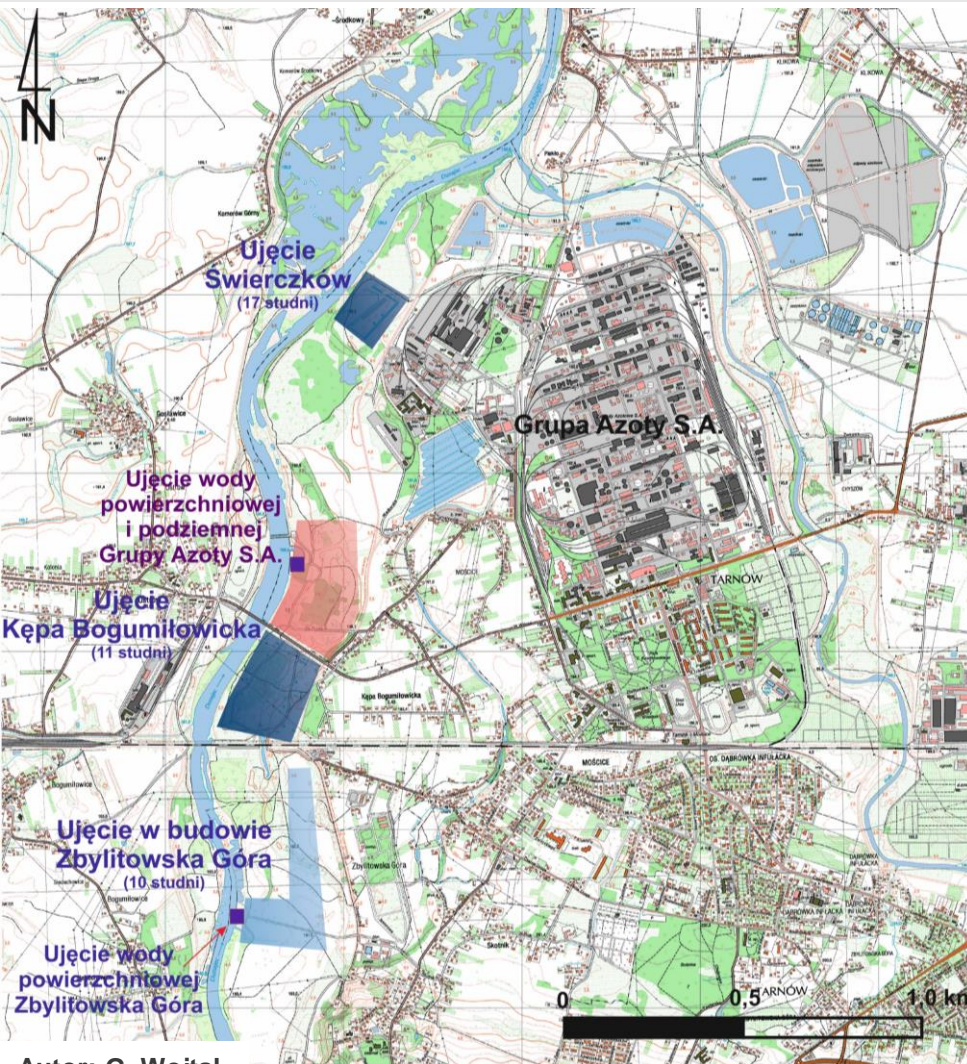
- zmiany infrastrukturalne

długoterminowe

- negatywne trendy zmian klimatycznych



# Wydajność ujęć TW Sp. z o.o.



Autor: G. Wojtal



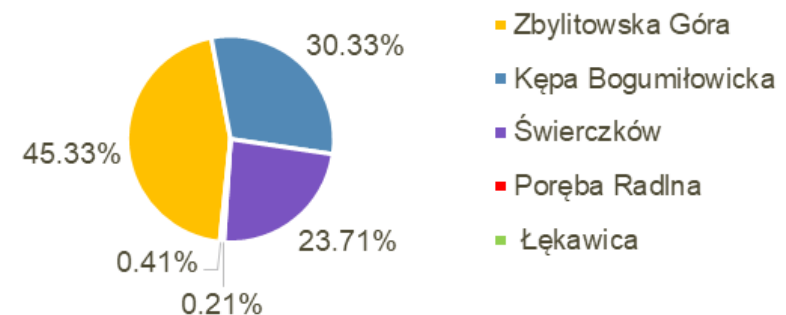
**Ujęcie Świerczków**  
zasoby eksploatacyjne 538,67 m<sup>3</sup>/h  
pobór średnio ok. 300 m<sup>3</sup>/h

**Ujęcie Kępa Bogumiłowicka**  
zasoby eksploatacyjne 504,3 m<sup>3</sup>/h  
pobór średnio ok. 400 m<sup>3</sup>/h

**Ujęcie wody powierzchniowej  
Zbylitowska Góra**  
wydajność ujęcia ok. 2 100 m<sup>3</sup>/h  
pobór średnio ok. 500 - 600 m<sup>3</sup>/h

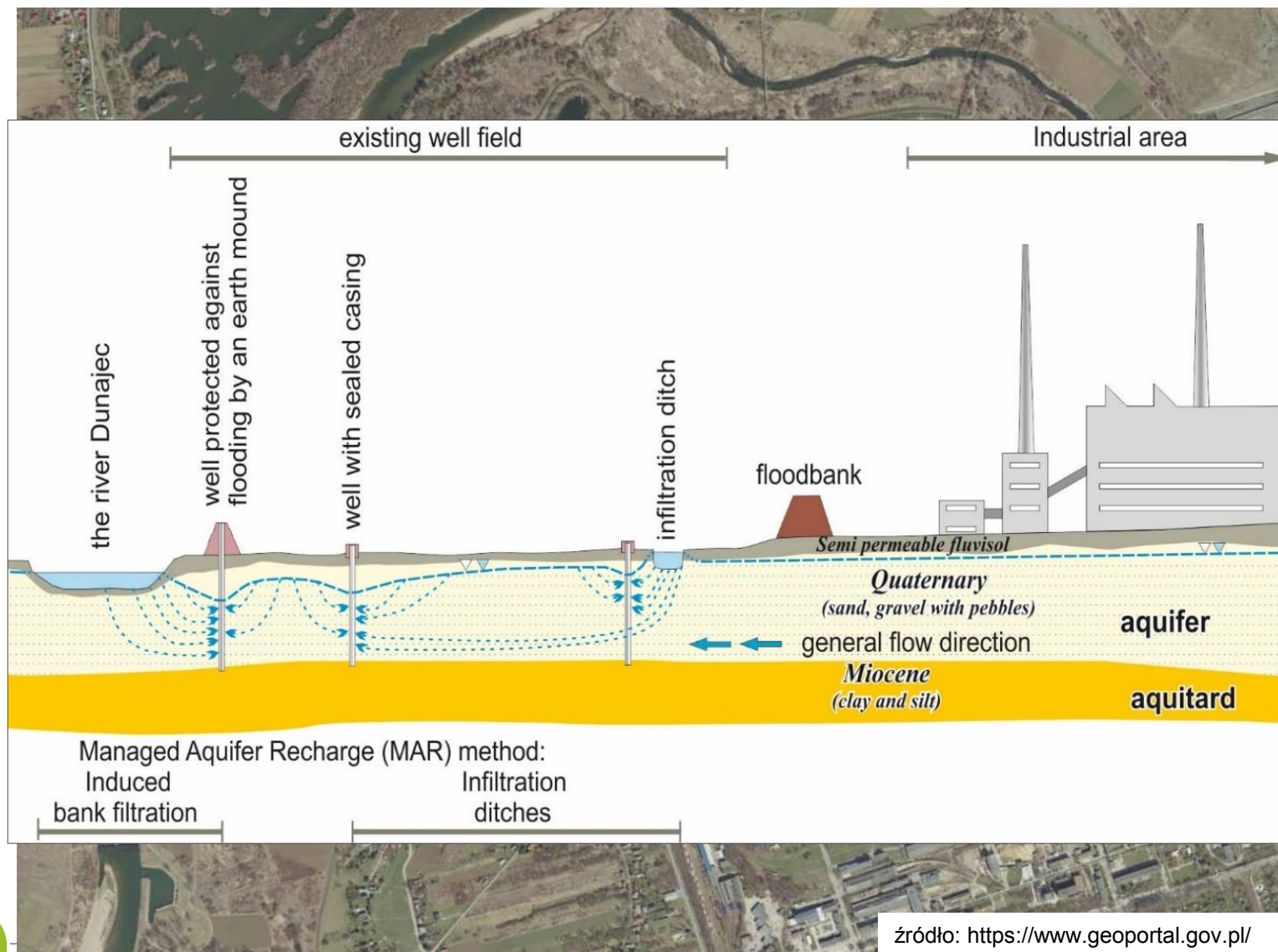
**Ujęcie Zbylitowska Góra w budowie**  
zasoby eksploatacyjne 218,04 m<sup>3</sup>/h

**Udział procentowy poszczególnych ujęć  
w ogólnym poborze wody przez TW Sp. z o. o.**

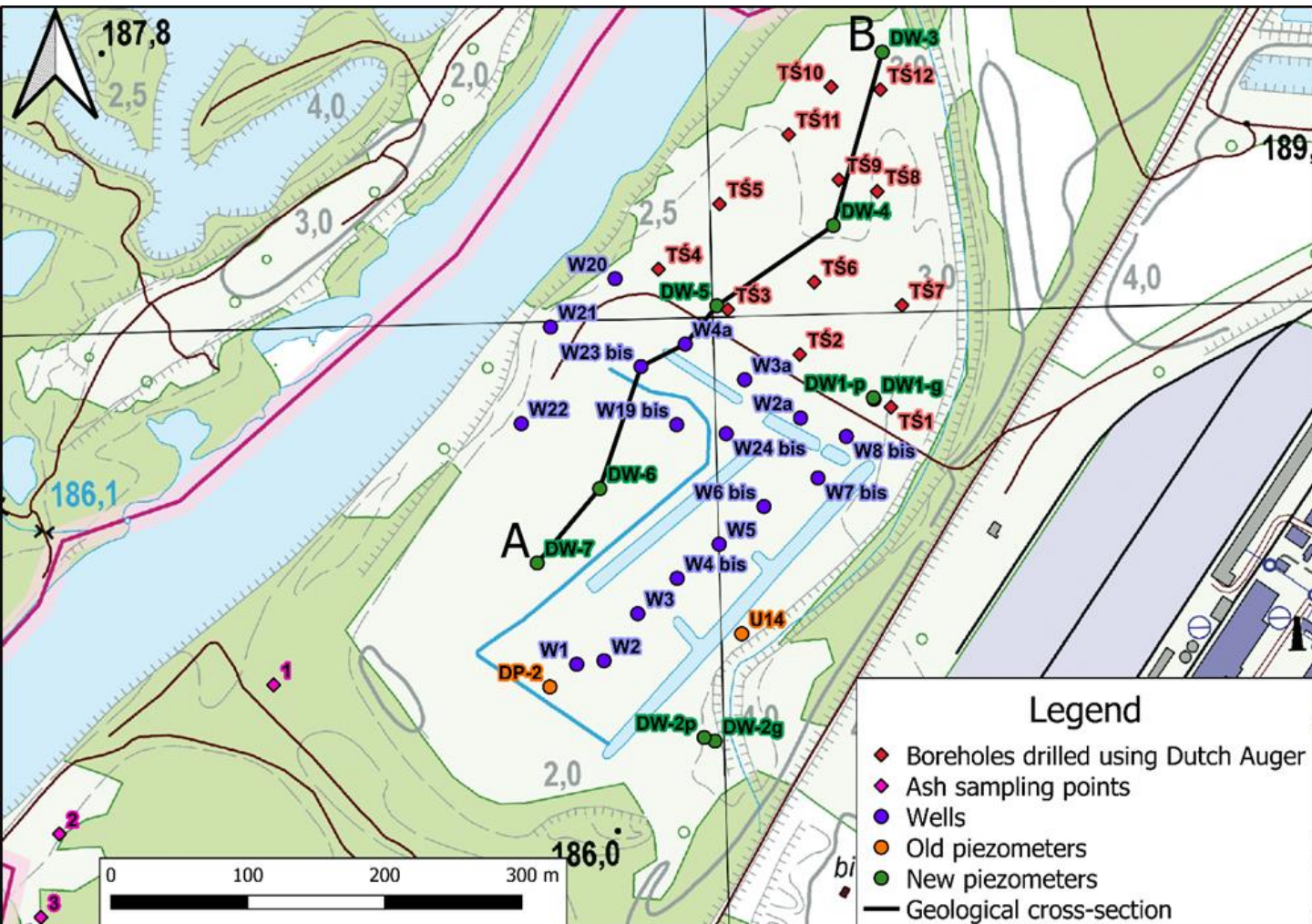




# Schemat pracy ujęcia Świerczków



# Ujęcie Świerczków



Rok powstania 1910

**Średni pobór w 2020:**

6500 m<sup>3</sup>/d

min 4930 m<sup>3</sup>/d

max 7210 m<sup>3</sup>/d

Średni pobór z 5 lat

6910m<sup>3</sup>/d

**Zgodnie z pozwoleniem  
ujęcie może pobierać  
wodę w ilościach:**

- max 380 m<sup>3</sup>/h,
- 8 500 m<sup>3</sup>/d,
- 3 100 000 m<sup>3</sup>/r.





# Obszar szczegółowych prac pilotażowych



1. Badania geofizyczne
2. Badania geologiczne
3. Badania mineralogiczne
4. Badania monitoringowe wód

zdj. M. Soltysiak





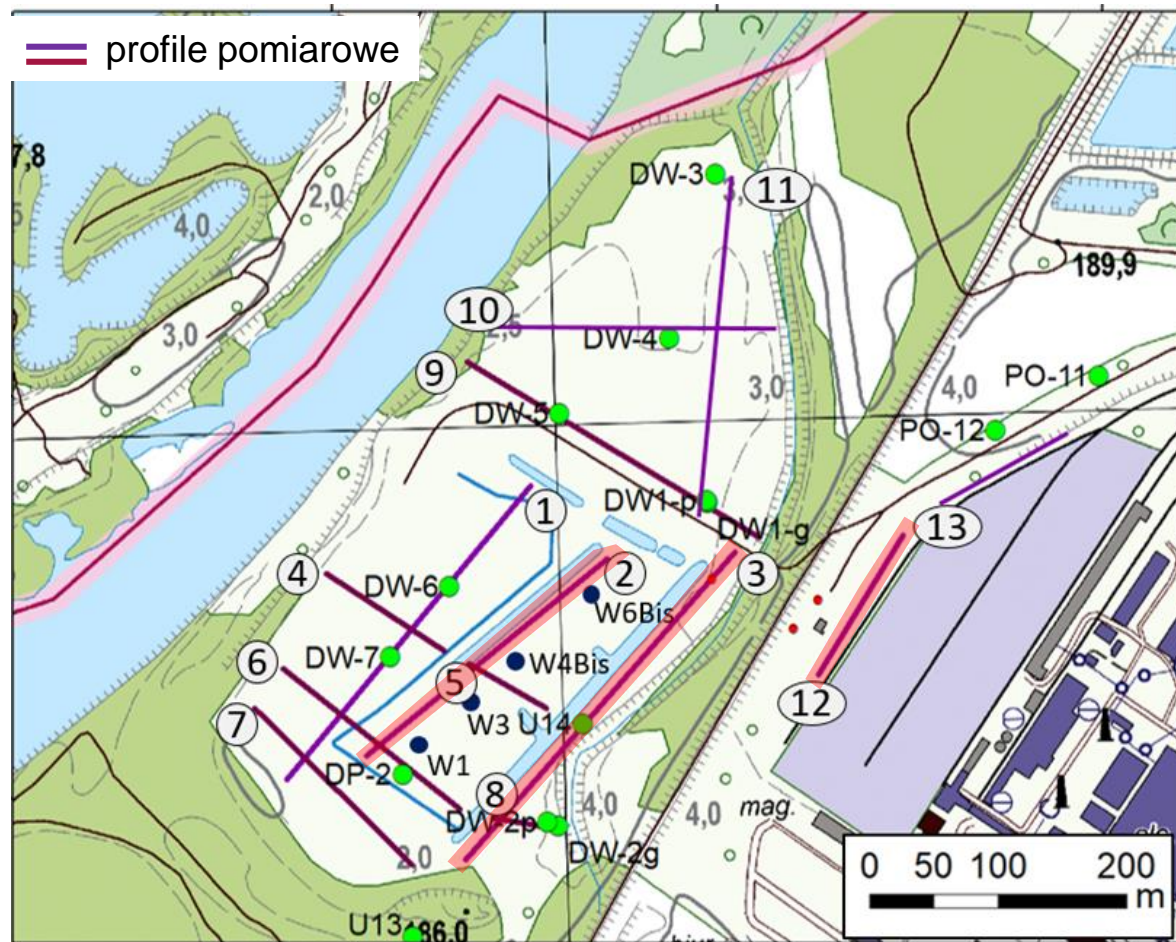
# Badania terenowe - ramy czasowe

Pierwsze badania terenowe rozpoczęto w grudniu 2019.  
Koniec badań terenowych listopad 2021.





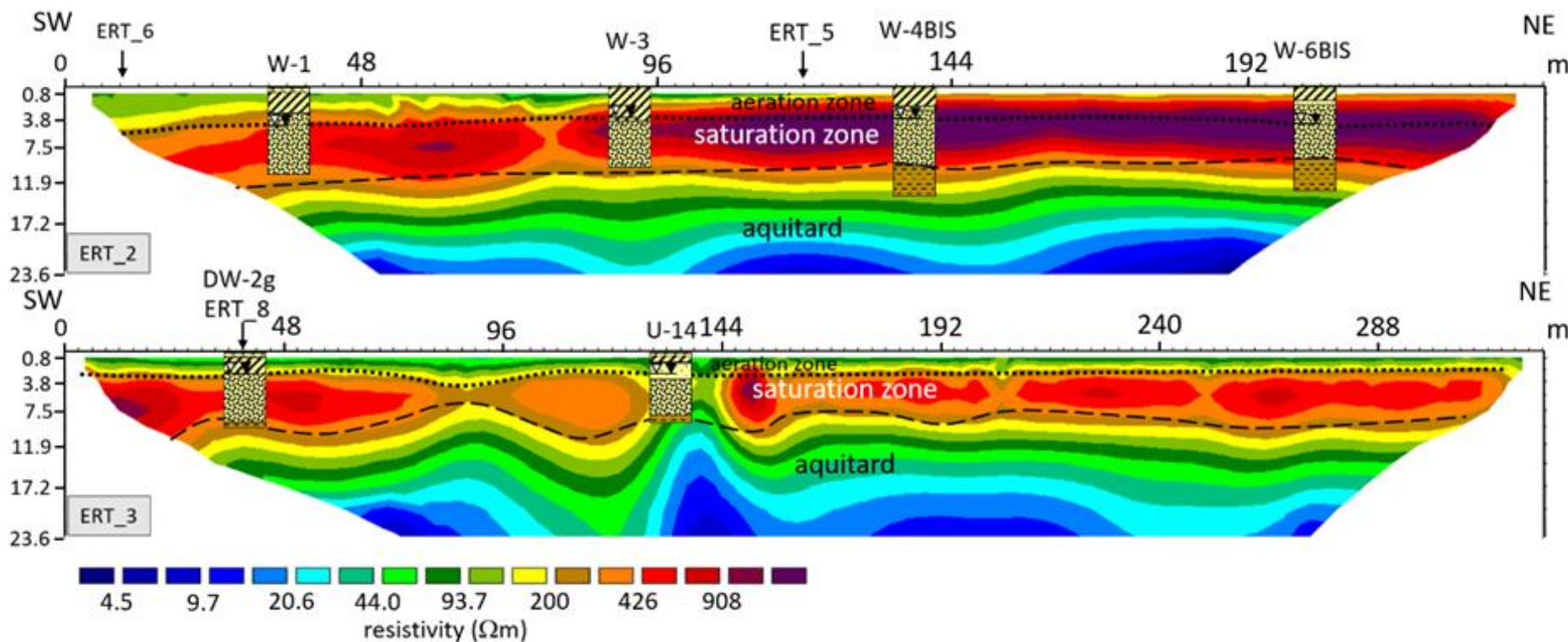
# Badania geofizyczne



**Metoda elektrooporowa** - polega na pomiarze oporności elektrycznej ośrodka geologicznego.

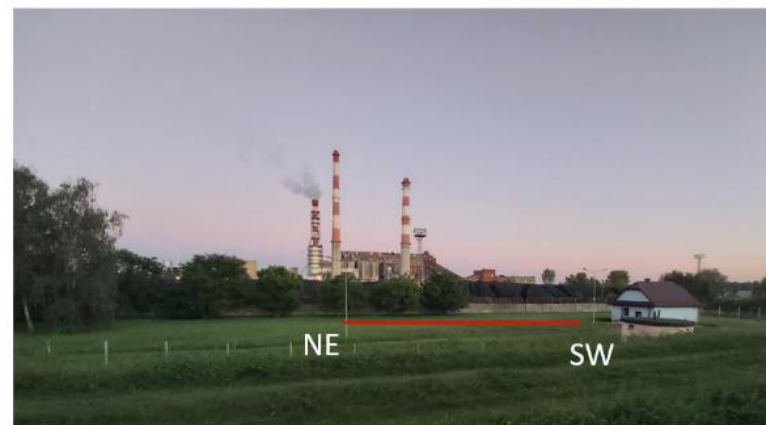
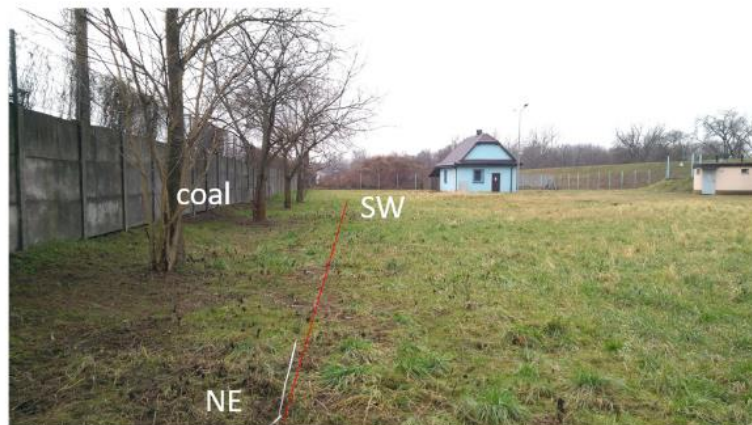
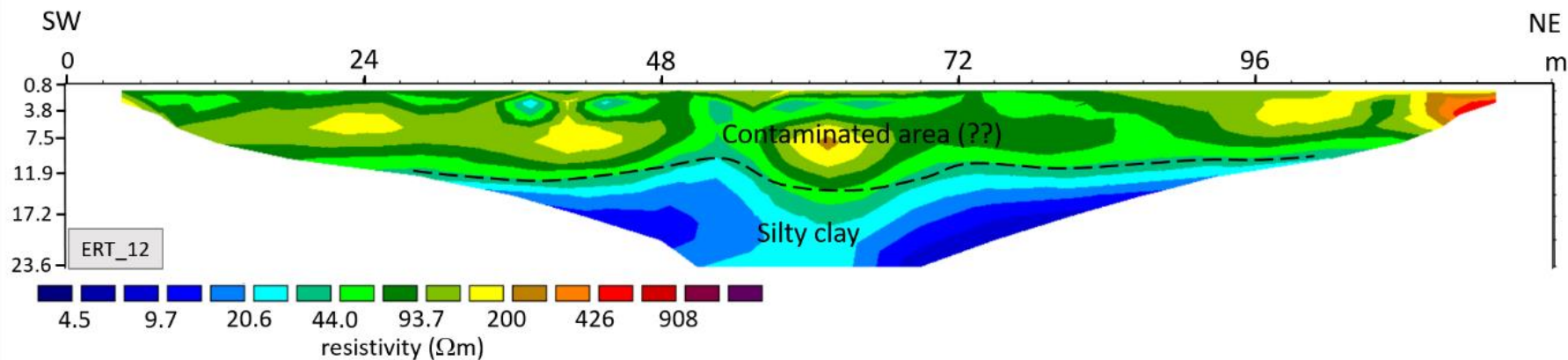


## Przekroje elektrooporowe

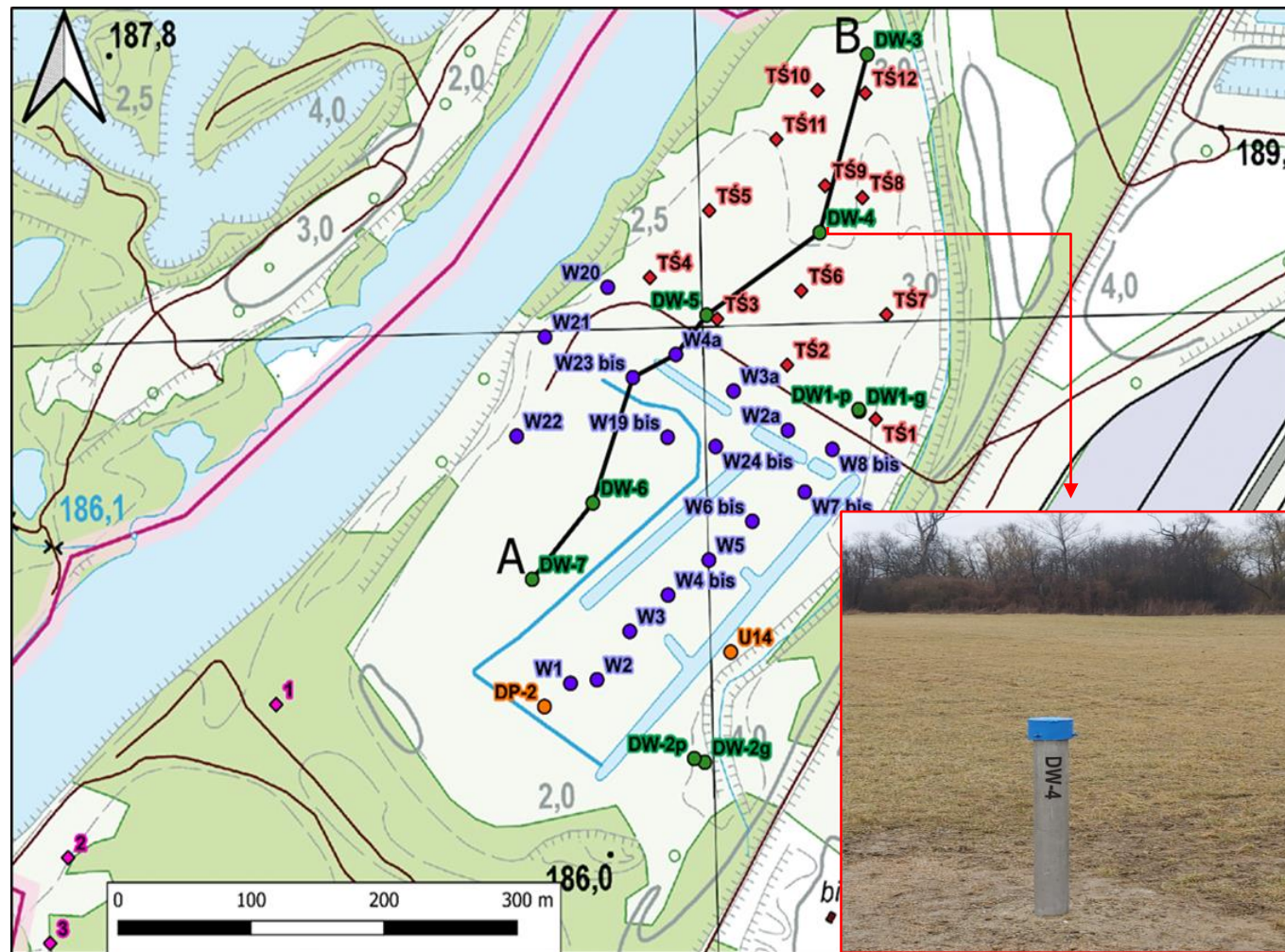




## Przekrój elektrooporowy



# Prace wiertnicze, monitoring wód

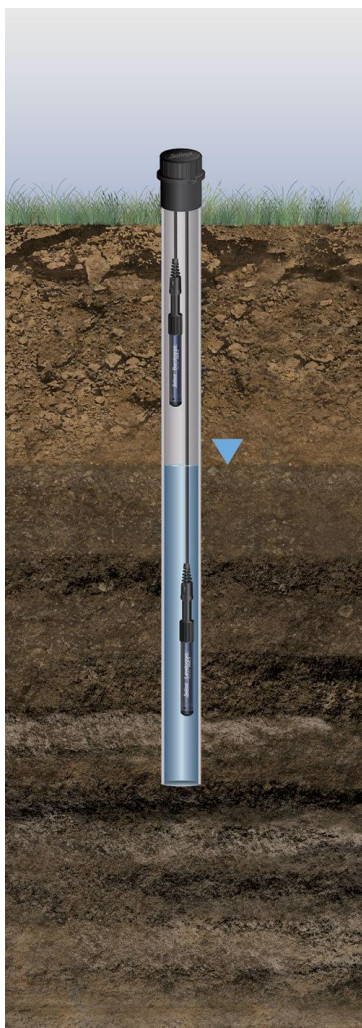




# Badania monitoringowe

zdjęcia pochodzą ze strony firmy AquaTerra

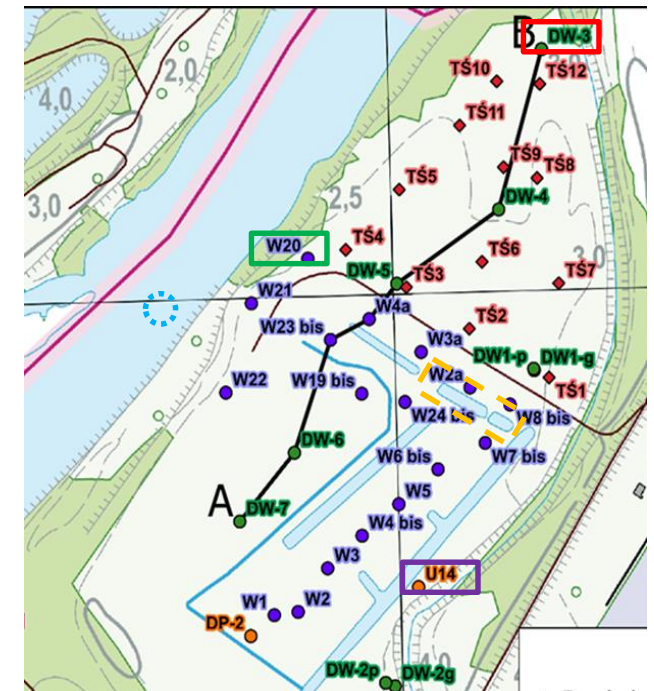
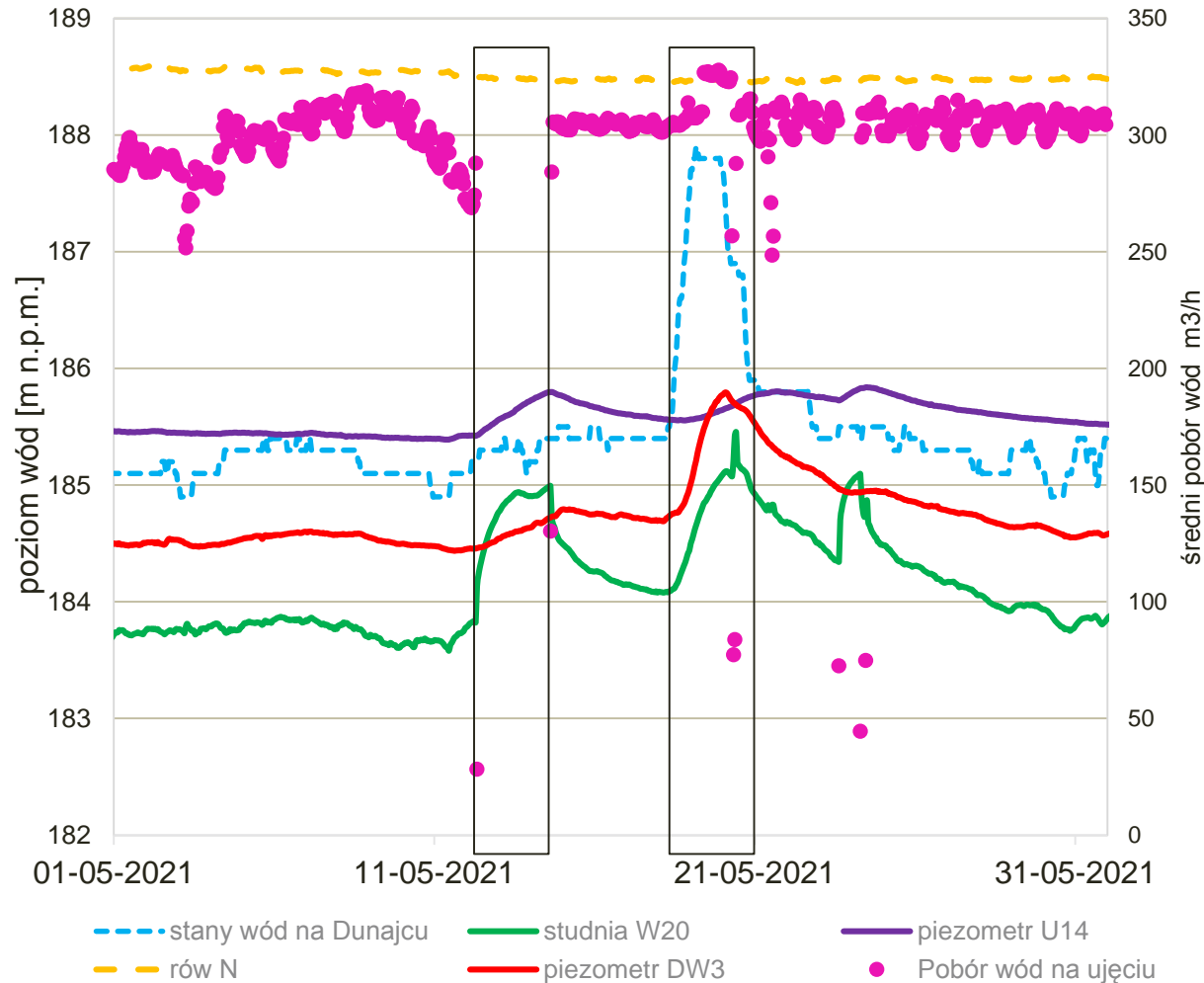
AquaTerra.pl  
MONITORING WÓD PODZIEMNYCH I POWIERZCHNIOWYCH



Pomiary ciągłe w wybranych punktach + comiesięczne pomiary zwierciadła wód podziemnych we wszystkich studniach i piezometrach na ujęciu.

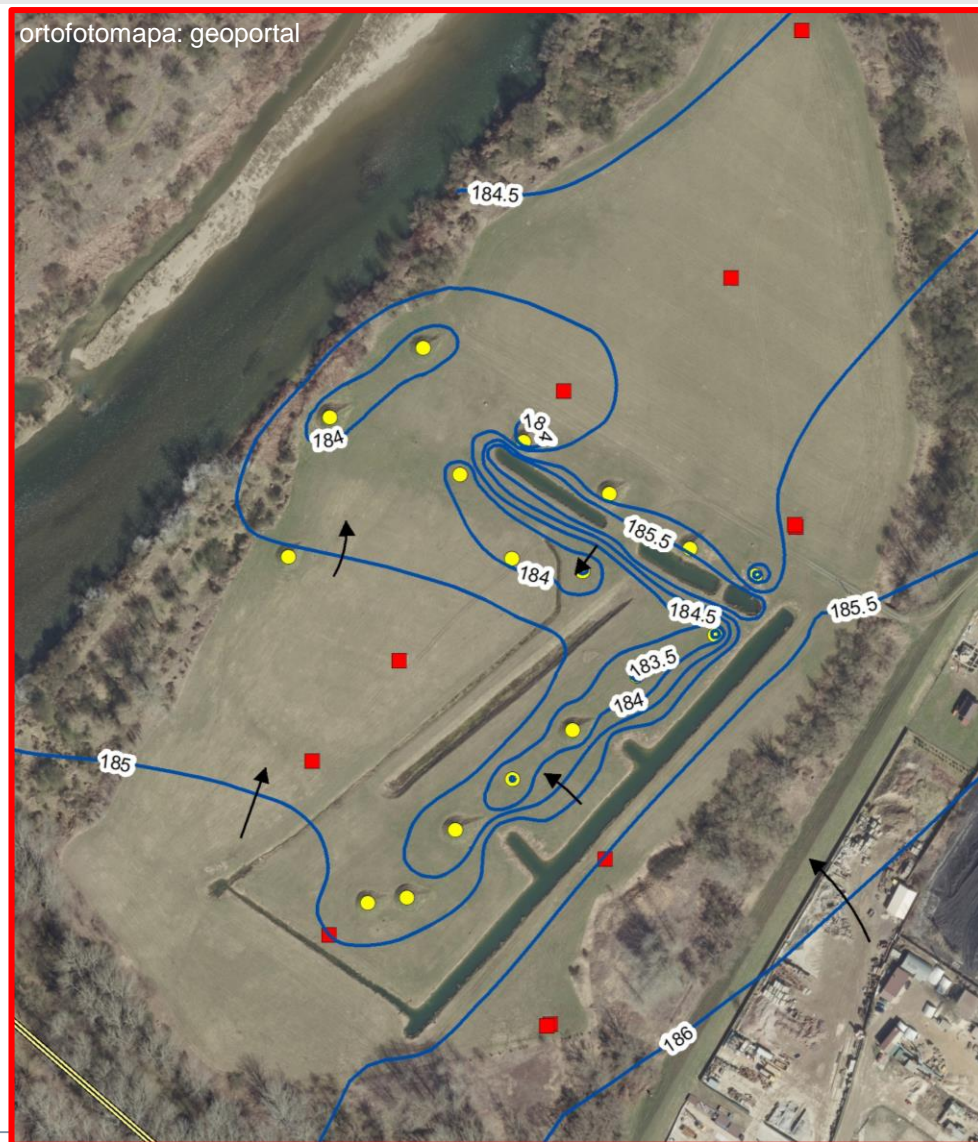
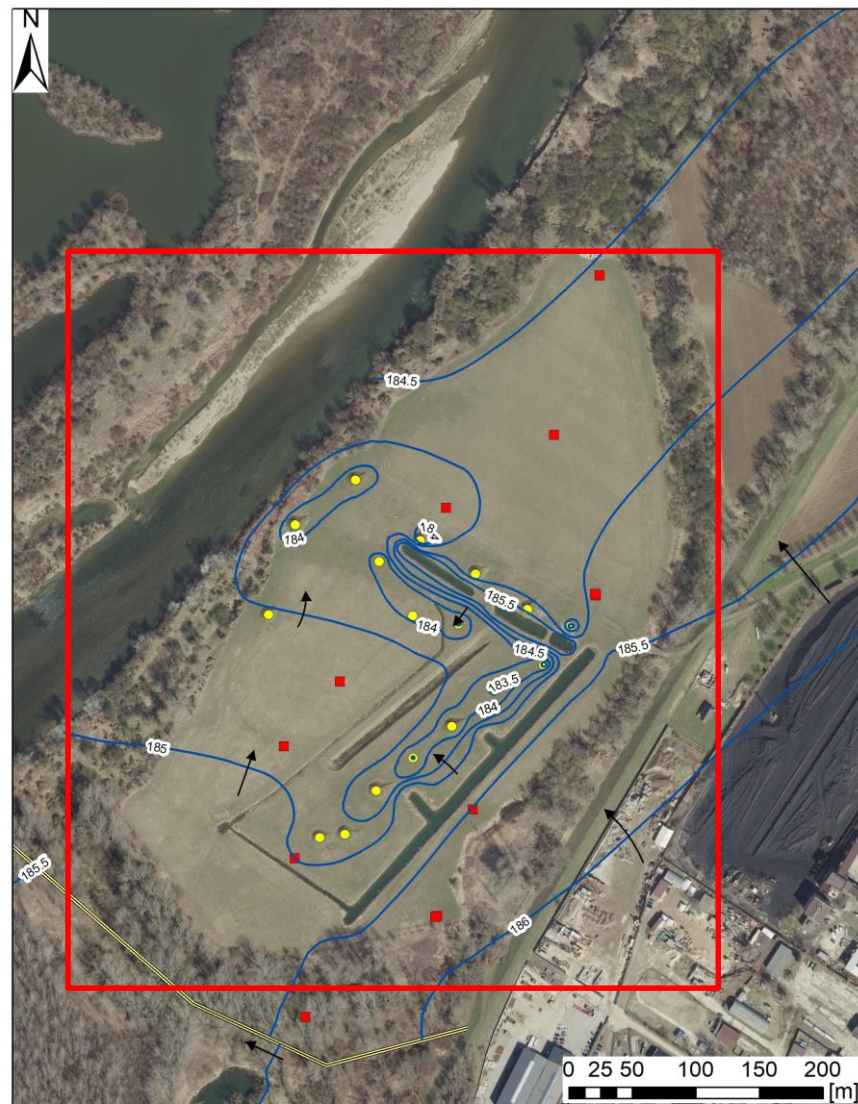


# Wahania zwierciadła wód podziemnych



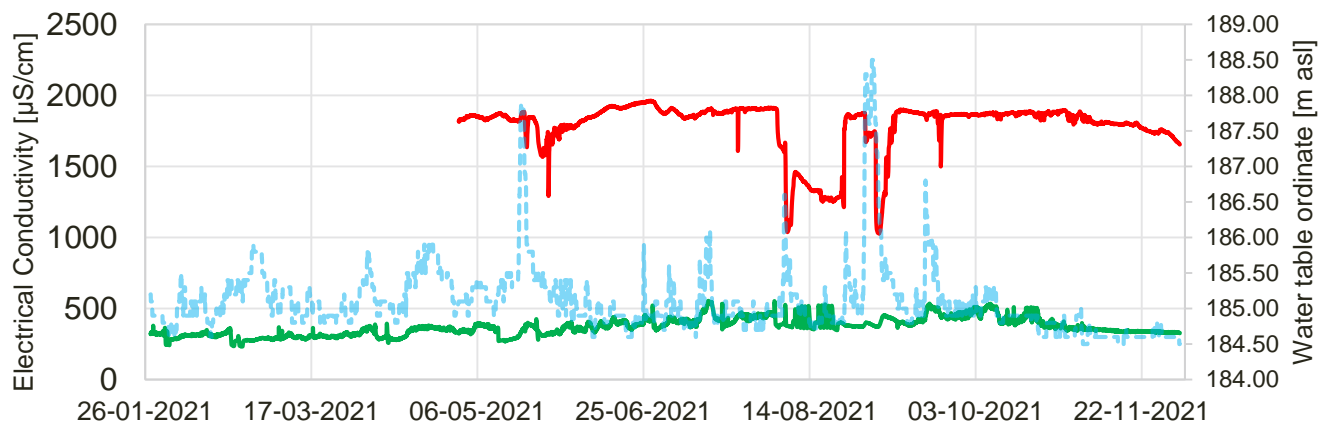


# Mapa hydroizohips (IV 2021)

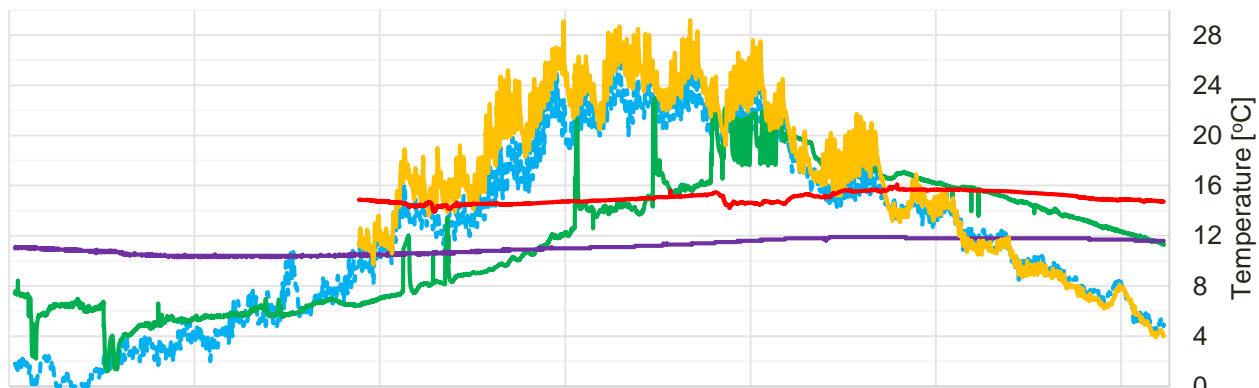


## Legenda

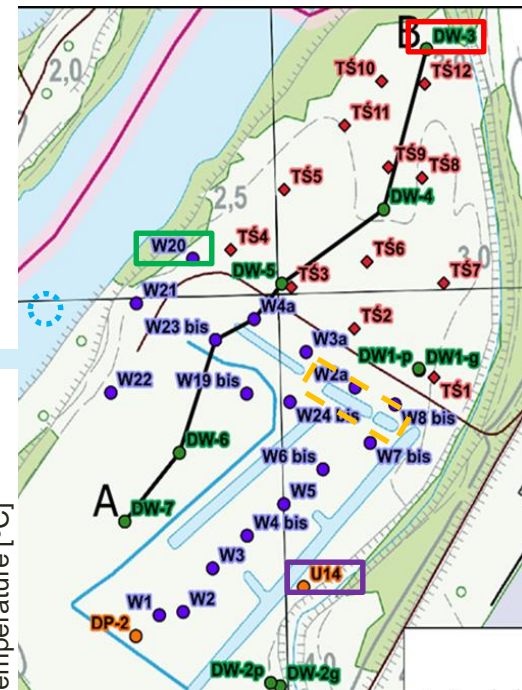
- piezometry
- studnie
- hydroizohipsy (kwiecień 2021)
- ← kierunki przepływu
- ścianka szczelna



— Electrical Conductivity W20    — Electrical Conductivity DW3    - - - Ordinate of Dunajec



- - - Temperature of Dunajec    — Temperature W20    — Temperature U14  
 — Temperature Ditch N    — Temperature DW3





# Badania składu chemicznego wód podziemnych i powierzchniowych

Lokalizacja punktów poboru próbek do badań składu chemicznego wód:

- Wody powierzchniowe: Woda z Dunajca oraz z rowów nawadniających
- Opady (P1)
- 15 studni
- 10 piezometrów



Terenowe badania parametrów fizykochemicznych wód podziemnych i powierzchniowych prowadzone co miesiąc przez rok (wrzesień 2020 - sierpień 2021):

- temperatura
- pH
- potencjał redox - Eh
- przewodność elektrolityczna właściwa
- zawartość rozpuszczonego tlenu
- stężenie jonu amonowego  $\text{NH}_4^+$
- stężenie azotanów  $\text{NO}_3^-$
- stężenie azotynów  $\text{NO}_2^-$





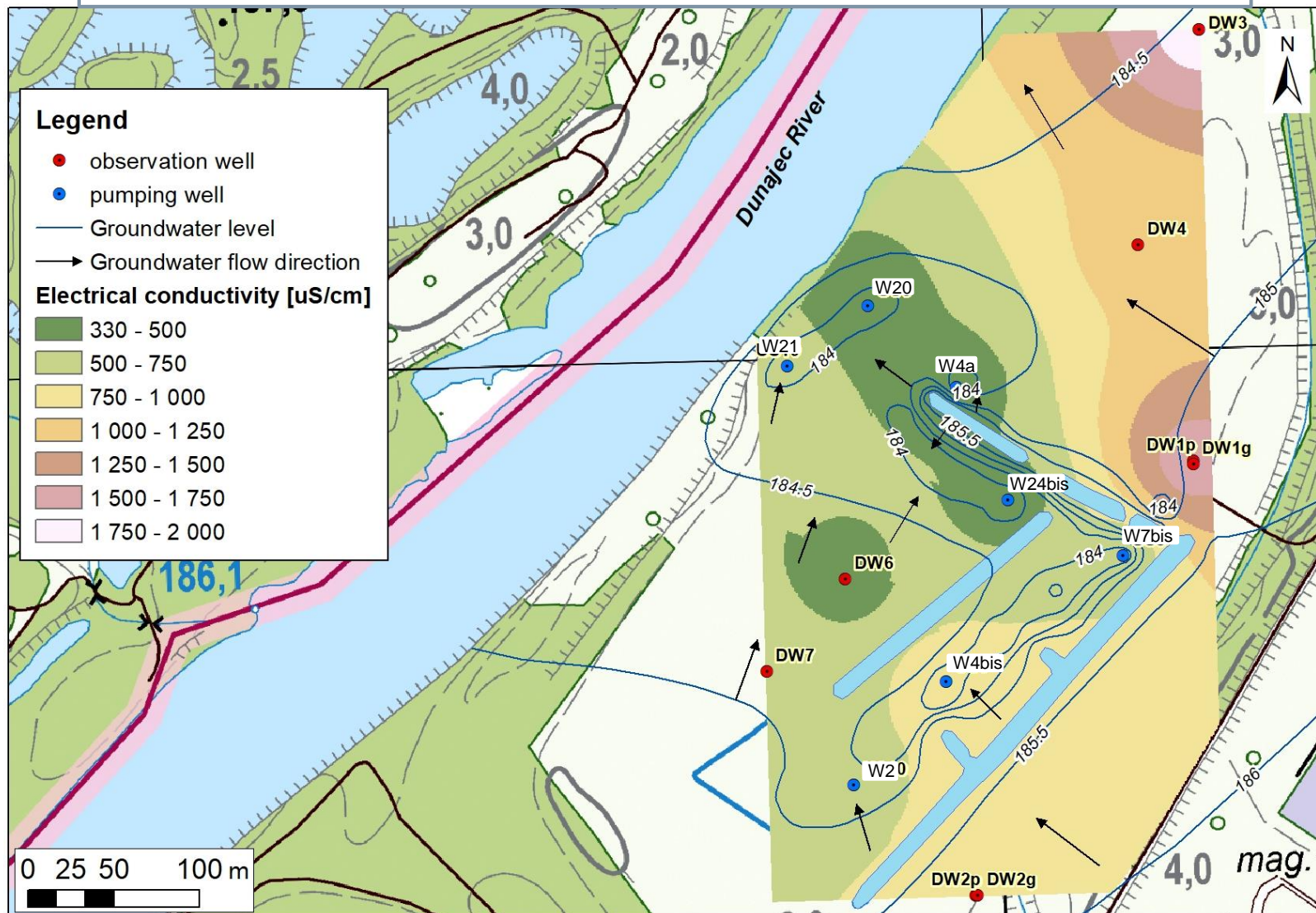
# Badania składu chemicznego wód podziemnych i powierzchniowych

## Wyniki pomiaru temperatury wód podziemnych w lipcu 2021



# Badania składu chemicznego wód podziemnych i powierzchniowych

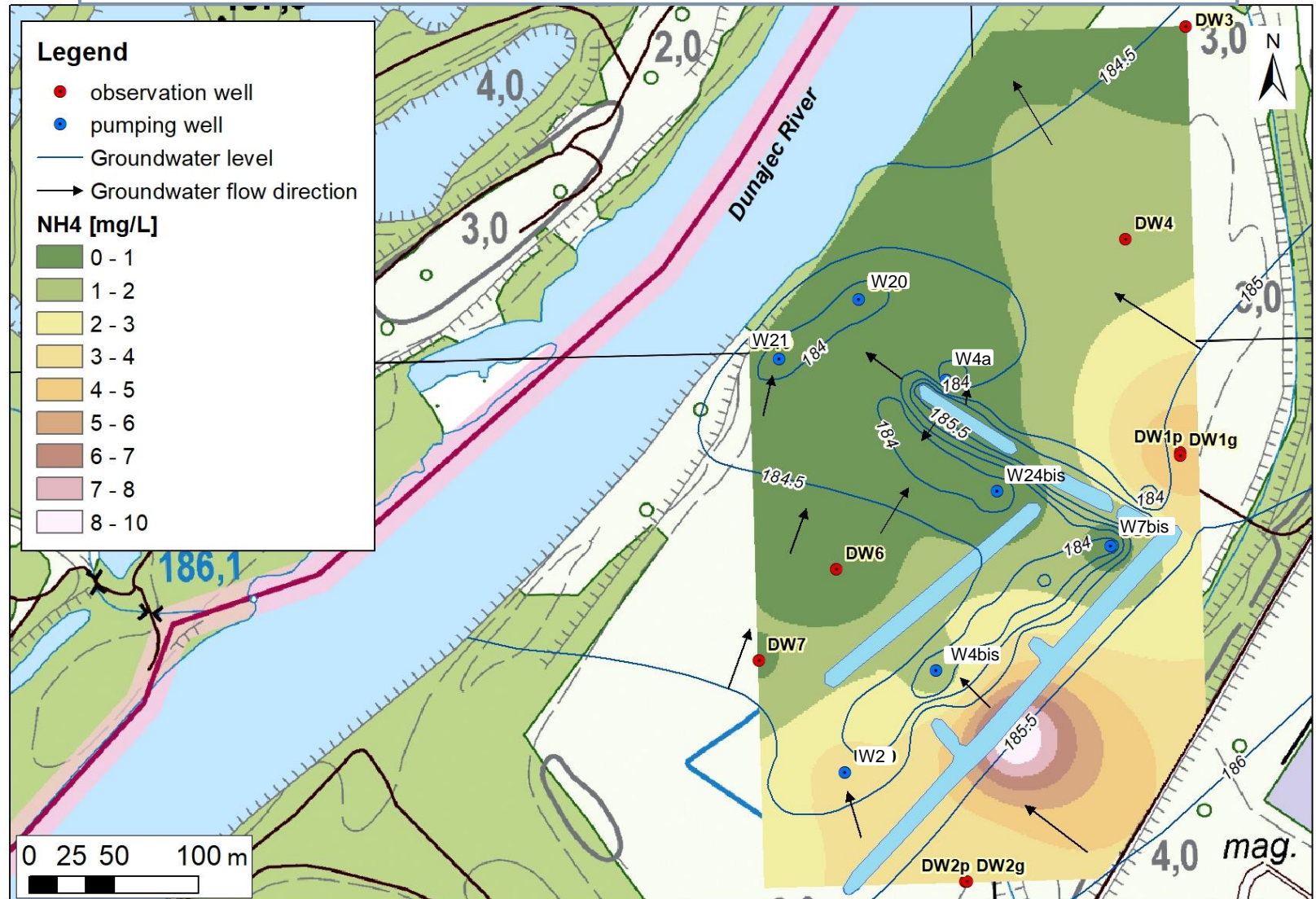
## Wyniki pomiaru Przewodności el. właściwej wód podziemnych w lipcu 2021





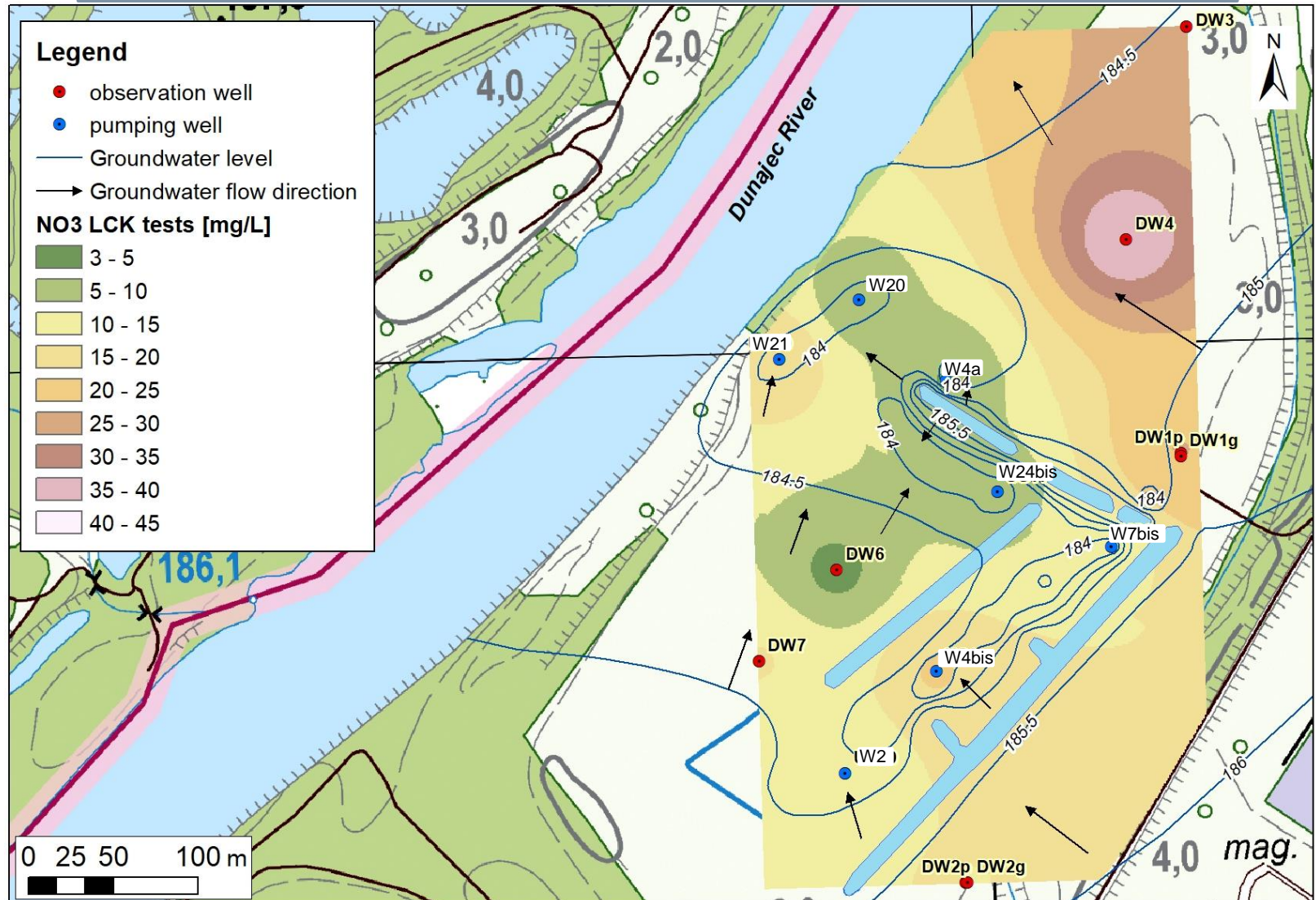
# Badania składu chemicznego wód podziemnych i powierzchniowych

Wyniki pomiaru stężenia jonu  $\text{NH}_4^+$  w wodach podziemnych w lipcu 2021



# Badania składu chemicznego wód podziemnych i powierzchniowych

Wyniki pomiaru stężenia jonu  $\text{NO}_3^-$  w wodach podziemnych w lipcu 2021





# Badania składu chemicznego wód podziemnych i powierzchniowych

Laboratoryjne badania składu chemicznego wód przeprowadzone w różnym zakresie 4 razy w roku, objęto oznaczenia:

- stężeń jonów Ca, Mg, Na, K,  $\text{HCO}_3$ ,  $\text{SO}_4$ , Cl,  $\text{Fe}^{2+}$ ,  $\text{Mn}^{2+}$  oraz ogólnego węgla organicznego
- obecności WWA i substancji powierzchniowo czynnych
- obecności farmaceutyków i środków higieny osobistej
- obecności mikroplastiku w wodach
- obecności substancji organicznych.





# Badania składu chemicznego wód podziemnych i powierzchniowych

Wyniki pomiaru stężenia chlorków  $\text{Cl}^-$  w wodach podziemnych w lipcu 2021



# Badania składu chemicznego wód podziemnych i powierzchniowych

Wyniki badania obecności mikroplastiku w 7 próbkach wód

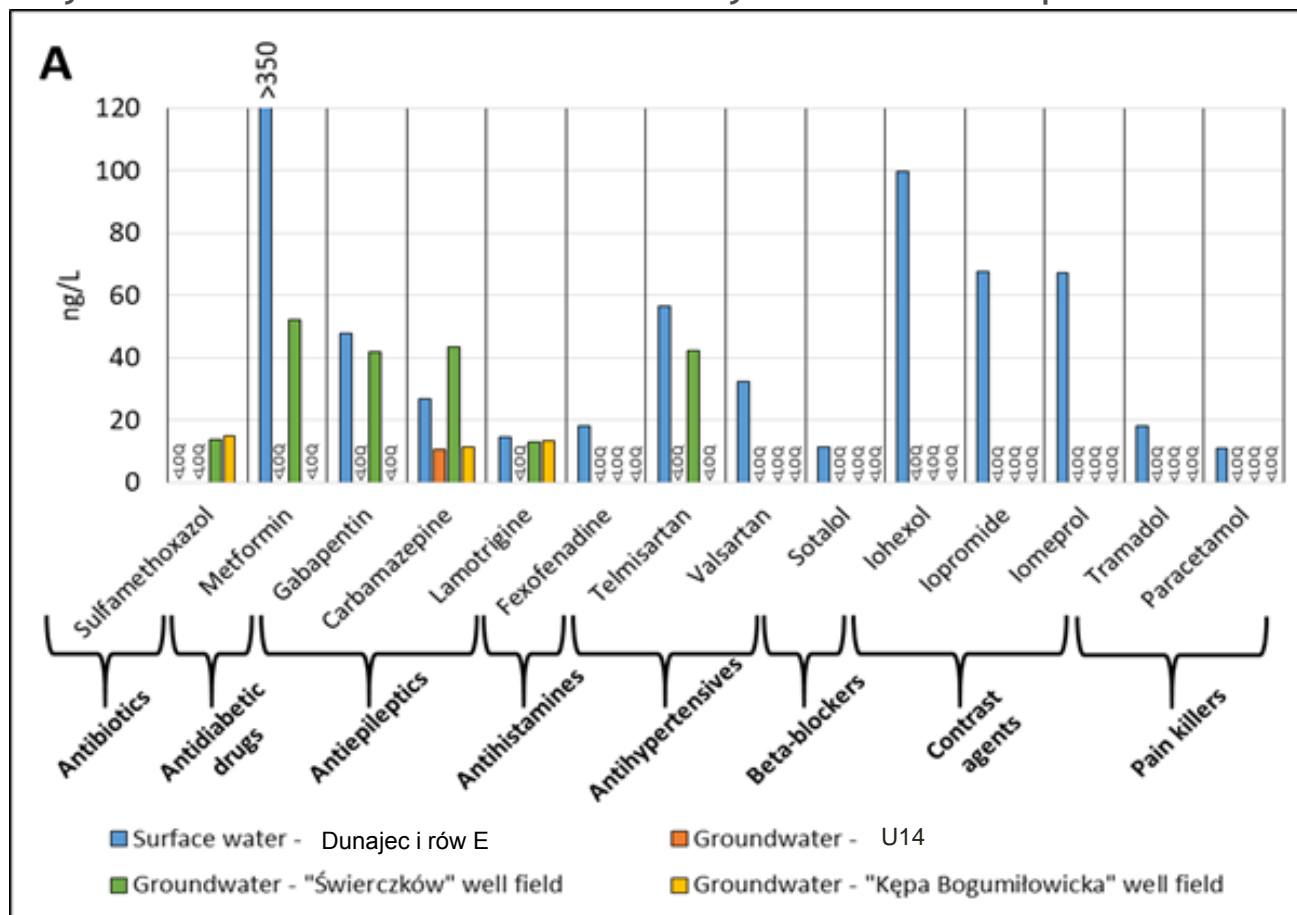
Parameter	Unit	US1	US2	US3	US4	US6	US7	US3 - inlet
Polyvinyl chloride (PVC)	µg/l	<1 *	<1 *	<1 *	<1 *	<1 *	<1 *	<1 *
Polypropylene	µg/l	<1 *	<1 *	<1 *	<1 *	<1 *	<1 *	<1 *
PolistyrenPolystyrene	µg/l	<1 *	<1 *	<1 *	<1 *	<1 *	<1 *	<1 *
Polycaprolactam (PA6)	µg/l	<1 *	<1 *	<1 *	<1 *	<1 *	<1 *	<1 *
Polycarbonate (PC)	µg/l	<1 *	<1 *	<1 *	<1 *	<1 *	<1 *	<1 *
Polyethylene	µg/l	<3 *	<3 *	<3 *	<3 *	<3 *	<3 *	<3 *
Polyethylene terephthalate (PET)	µg/l	<1 *	<1 *	<1 *	2,4	<1 *	<1 *	2,2
Polymethyl methacrylate (PMMA)	µg/l	<1 *	<1 *	<1 *	<1 *	<1 *	<1 *	<1 *
The sum of polymers	µg/l	<10 *	<10 *	<10 *	<10 *	<10 *	<10 *	<10 *

W badanych wodach nie wykryto obecności wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych (WWA) ani związków powierzchniowo czynnych.



# Badania składu chemicznego wód podziemnych i powierzchniowych

Wyniki badania obecności farmaceutyków w wodach powierzchniowych i podziemnych



109 przebadanych związków

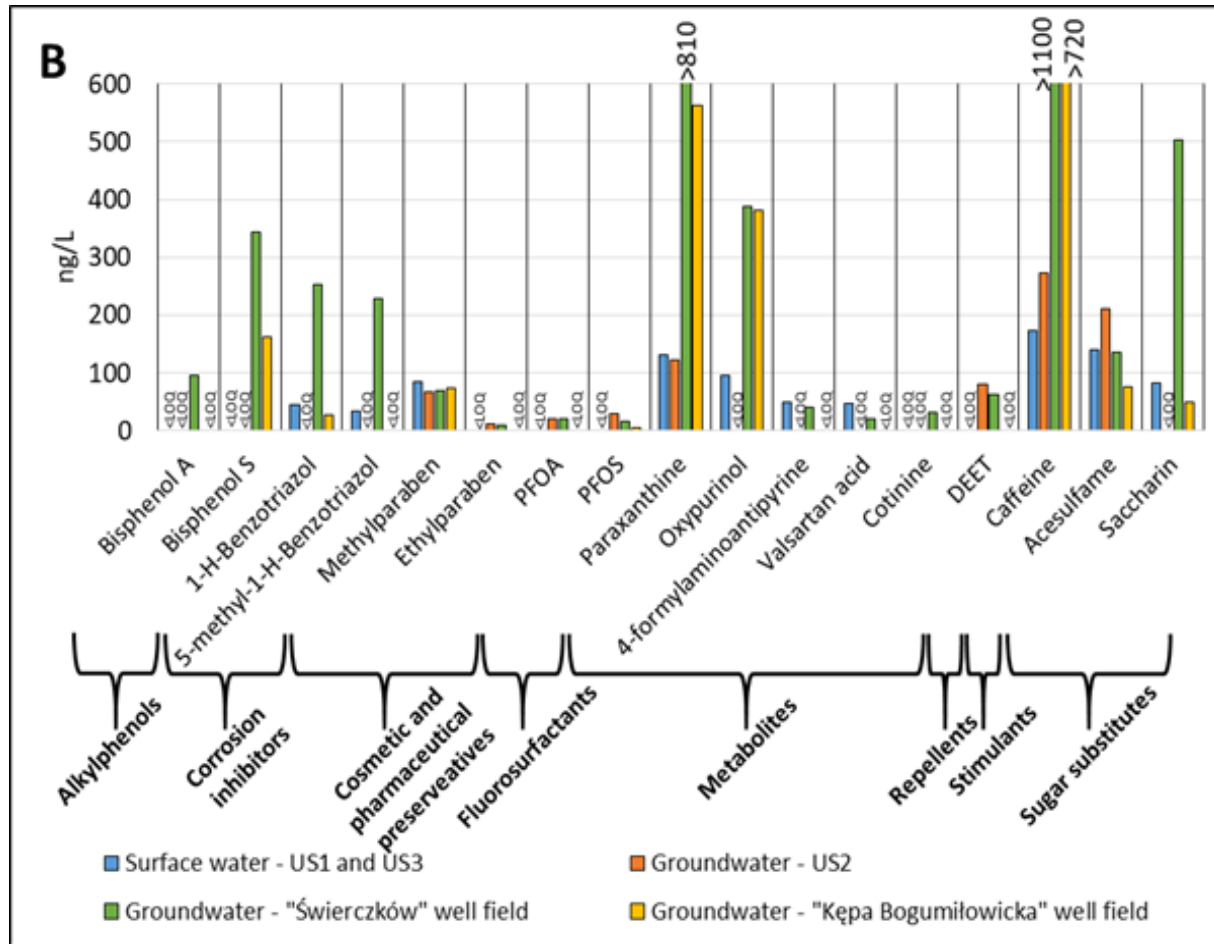
1 ng = 1x10<sup>-6</sup> mg = 1x10<sup>-9</sup> g!!!

Maksymalne zaobserwowane stężenia związków z grupy farmaceutyków (3 serie opróbowań).



# Badania składu chemicznego wód podziemnych i powierzchniowych

Wyniki badania obecności środków higieny osobistej w wodach powierzchniowych i podziemnych



109 przebadanych związków

1 ng=1x10<sup>-6</sup> mg=1x10<sup>-9</sup>g!!!

Maksymalne zaobserwowane stężenia związków z grupy środków higieny osobistej, metabolitów i innych (3 serie opróbowań).





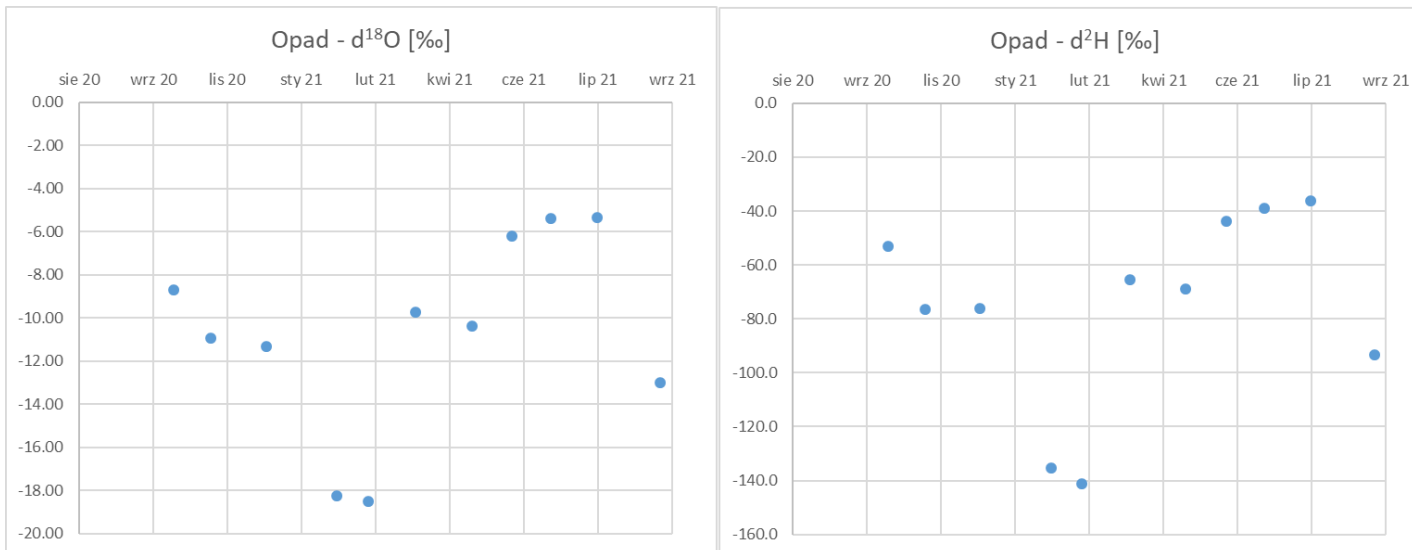
# Badania izotopowe wód podziemnych i powierzchniowych

Co miesiąc przez rok pobierano 10 próbek wód podziemnych, powierzchniowych i opadowych w celu oznaczenia składu izotopowego wody (izotopy stabilne:  $\delta^2\text{H}$  oraz  $\delta^{18}\text{O}$ ).

Badania te mają na celu określenie wielkości zasilania wód podziemnych oraz ustalenia w jakim stopniu sztuczne zasilanie przyczynia się do zwiększenia ich zasobów.

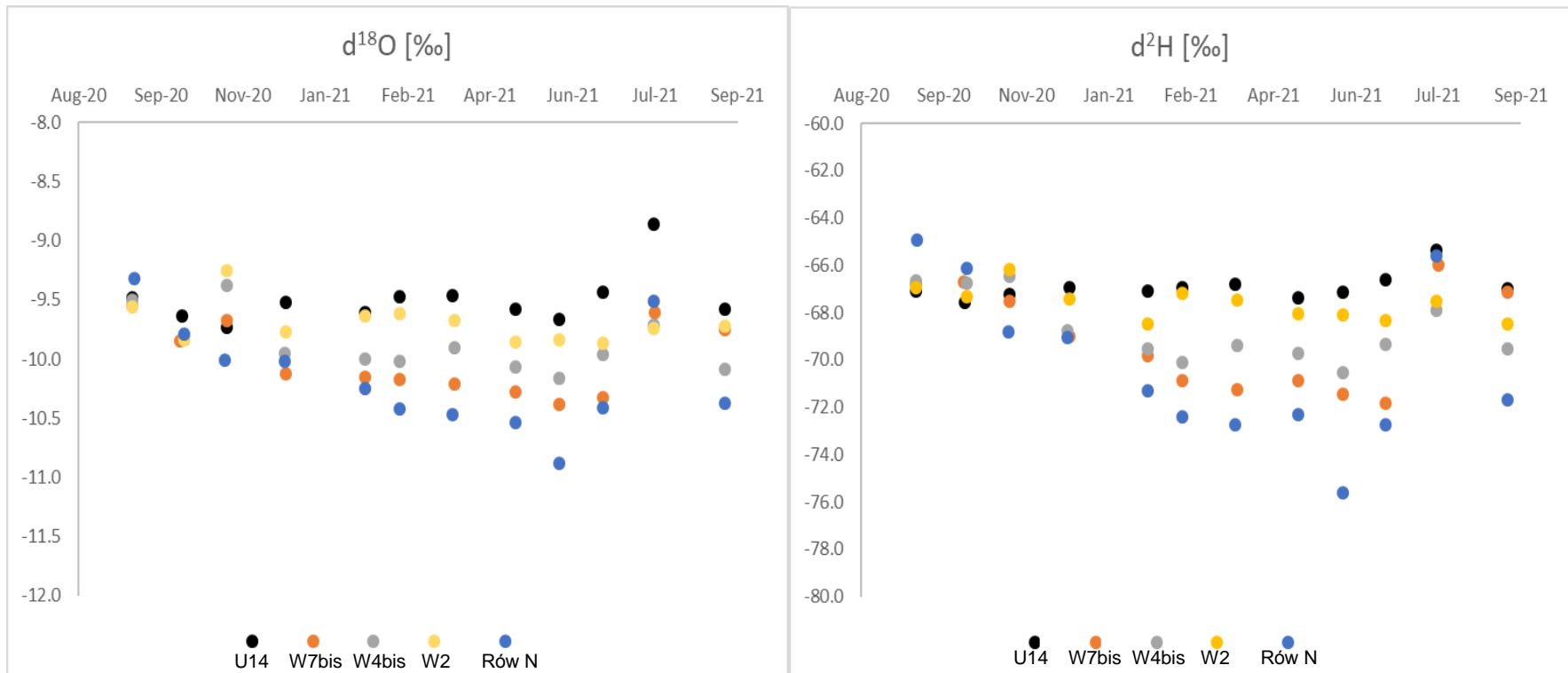
Badania wykonywane są w laboratoriach Uniwersytetu we Wrocławiu.

Wyniki badań izotopowych wód opadowych - największa rozpiętość wyników badań.



# Badania izotopowe wód podziemnych i powierzchniowych

Wyniki badań izotopowych wód w rowie infiltracyjnym oraz w piezometrze U14 i studniach W7bis, W4bis i W2. Wykresy prezentują rosnący udział wód infiltracyjnych z rowów w studniach.



# Analiza ryzyka dla obszaru pilotażowego w Tarnowie

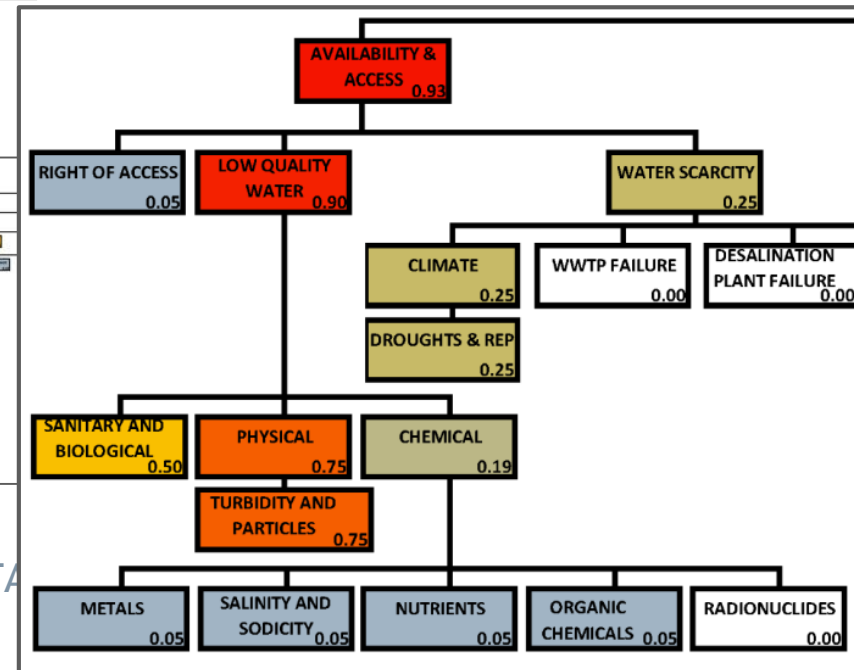
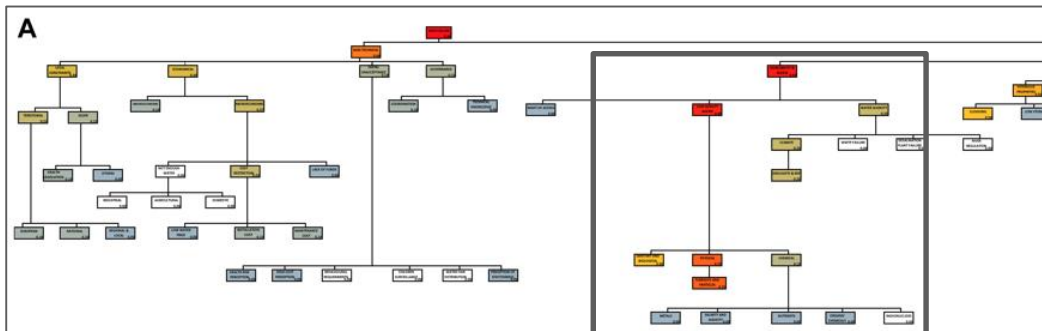
## Macierz Ryzyka

MACIERZ RYZYKA Prawdopodobieństwo zdarzenia	Dotkliwość konsekwencji		
	Niski wpływ [1]	Średni wpływ [3]	Wysoki wpływ [5]
Raz w roku lub częściej [5]	5	15	25
1 - 5 lat [4]	4	12	20
5 - 10 lat [3]	3	9	15
10 - 20 lat [2]	2	6	10
> 20 lat [1]	1	3	5
Ocena punktowa ryzyka	<6	6-12	>12
Ranking ryzyka	Niskie	Średnie	Wysokie

Najczęstszy podział ryzyk - na 5 kategorii



<https://unovest.co/2016/02/how-to-read-a-fund-factsheet/>





# Podsumowanie przeprowadzonej analizy ryzyka

Według stworzonych drzew błędów na badanym obszarze dominują ryzyka techniczne, np. kolmatacja (**98%** i **89%** szansy na zaprzestanie pracy MAR w ciągu ~10 lat, odpowiednio dla fazy projektowej i operacyjnej).

Należy jednak zwrócić również uwagę na ryzyka nietechniczne (takie jak ograniczenia ekonomiczne lub prawne). W ich przypadku prawdopodobieństwo niepowodzenia MAR wynosi **68%** dla fazy projektowej i **59%** dla fazy operacyjnej, jeżeli nie zostaną podjęte żadne działania zapobiegawcze sugerowane przez autorów.

Wyniki z macierzy ryzyka w większości pokryły się z obliczeniami programu MAR-RISKAPP. Zgodnie z tą metodą do największych ryzyk dla funkcjonowania MAR w Tarnowie należą:

- kolmatacja studni i rowów infiltracyjnych (wraz ze zbyt krótkim czasem przebywania wody w osadnikach, z których woda jest doprowadzana do rowów),
- powodzie,
- brak wody dostępnej do przeprowadzania sztucznego zasilania w wyniku ekstremalnych zjawisk klimatycznych.



Źródło: ISO 31000:2009

Schemat ogólnego procesu zarządzania ryzykiem (<https://uhy-pl.com/blog-posts/4-metody-na-zidentyfikowanie-ryzyka-w-przedsiębiorstwie/>)



- Wyniki przeprowadzonych prac w projekcie jednoznacznie wskazują, że metody dodatkowego zasilania wód podziemnych (MAR), takie jak rowy infiltracyjne i/lub filtracja brzegowa mogą mieć bardzo pozytywny wpływ na jakość i ilość wód podziemnych.
- Dzięki stosowaniu MAR ujęcie „Świerczków” dostarcza dla aglomeracji tarnowskiej od wielu lat wodę spełniające wszelkie standardy dla wód pitnych, pomimo lokalizacji w obszarze o wyjątkowo dużej antropopresji na środowisko wód podziemnych.
- Unikatowość ujęcia (łączenie metod MAR, specyficzna lokalizacja) jest ciekawym studium przypadku do przedstawiona w raporcie głównym projektu, jako polskiego przykładu dobrych praktyk w stosowaniu dodatkowego zasilania wód podziemnych możliwych do zastosowania także w innych krajach Europy Środkowej.
- Dalsze badania będą kontynuowane po projekcie w celu wykonania szczegółowych modeli przepływu wód podziemnych w warunkach nieustalonych co pomoże wypracować propozycję kierunków i sposobów rozbudowy istniejącego ujęcia w celu zwiększenia jego wydajności.







Dziękuję za uwagę

