



Uniwersytet Warszawski Wydział Geologii



Rozpoznanie budowy geologicznej i warunków hydrogeologicznych dla potrzeb precyzyjnego rolnictwa

Ewa Falkowska



Seminarium
„Zrównoważone, inteligentne rolnictwo -
WODA”

10. X. 2018 r.

Europejskie Centrum Edukacji Geologicznej
Chęciny

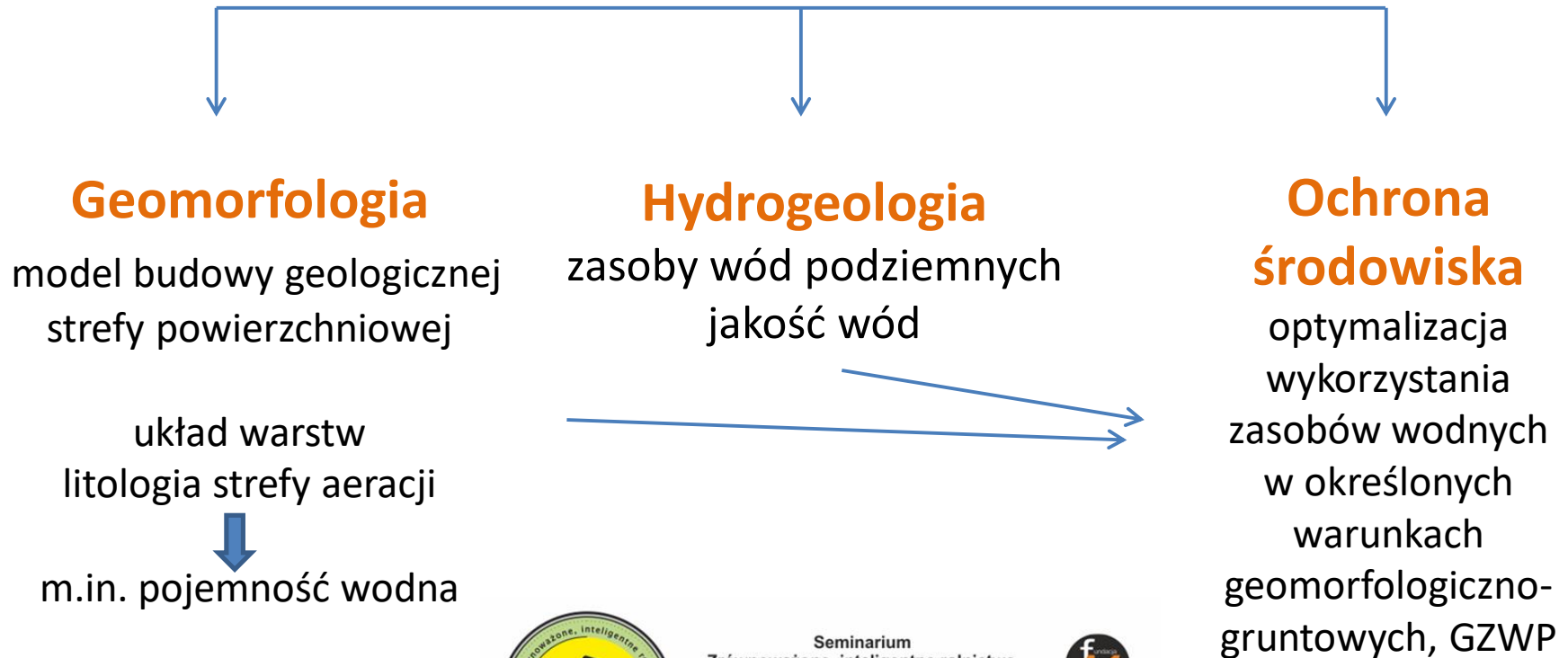




Uniwersytet Warszawski Wydział Geologii



Geologia i hydrogeologia w precyzyjnym nawadnianiu



Seminarium
„Zrównoważone, inteligentne rolnictwo - WODA”
10. X. 2018 r.
Europejskie Centrum Edukacji Geologicznej
Chęciny



Nawadnianie precyzyjne

Zagadnienia hydrogeologiczne

między innymi:

1. **Ocena zasobów wód podziemnych:** ocena zasobów wód podziemnych w zakresie ilościowym i jakościowym, dynamika zmian zasobów w czasie i przestrzeni
2. **Infiltracja, udział infiltracji w zasobach wód,** ocena wielkości zasilania, modelowanie hydrodynamiczne → precyzyjne wykorzystanie wód infiltracyjnych
3. **Dopływ wód podziemnych, płytki system krążenia:** identyfikacja systemów krążenia, modelowania systemów krążenia
4. **Ochrona wód podziemnych w Polsce,** wykorzystanie wód do nawodnień w nawiązaniu do obszarów ochronnych typu Główne Zbiorniki Wód Podziemnych

1. Ocena zasobów wód podziemnych, dynamika zmian zasobów wód w czasie i przestrzeni, metodyka oceny zasobów wód podziemnych w zakresie ilościowym i jakościowym.

Zasoby odnawialne – możliwe do wykorzystania w nawodnieniach

Zasoby odnawialne – całkowity wydatek strumieni wód dopływających do systemu wodonośnego z jego otoczenia (Szymanko, 1980) – zasoby infiltracyjne – do wykorzystania przy nawadnianiu, eksploatacyjne w ramach zasobów dyspozycyjnych

W rozumieniu stosowanym w Poradniku (Kapuściński i inn., 2014) **zasoby odnawialne wód podziemnych** to zasilanie wód podziemnych pochodzące z infiltracji efektywnej opadów atmosferycznych.

Metody oceny odnawialnych zasobów wód podziemnych

Tabela 2. Zasoby wód podziemnych GZWP 406 (dla okresu normalnego 1951-70)

	Obszar zasobowy	Zlewnia rzeki	Powierzchnia zlewni w granicach GZWP 406	Moduł zasobów odnawialnych	Zasoby odnawialne	Przepływ nie-naruszalny (Q_{nh})	Moduł zasobów dyspozycyjnych	Zasoby dyspozycyjne	Uwagi
			[km ²]	[m ³ /d*km ²]	[tys.m ³ /d]	[m ³ /s]	[m ³ /d*km ²]	[tys.m ³ /d]	
Zlewnia Wieprza (część E)	A2	Por	638.1	301	192.1	0,74	128	81.7	
	A6	Wieprz	603.0	267	161.0	3,78	111	66.9	
	B7	Giełczew	365.6	232	84.8	0,30	143	52.3	
	B8	Bystrzyca	1269.9	270	342.9	1,33 ¹⁾	166	210.8	1) w Sobianowicach
	B10	Wieprz	260.4	213	55.5	4,27	131	34.1	
	B11	Wieprz	408.7	202	82.6	6,26	168	68.7	
	C15	Minina	398.3	283	112.7	0,38	147	58.6	
	C16	Wieprz	426.9	286	122.1	9,40	176	75.1	
	Razem		4370.9		1153.6			648,2	
Zlewnia Wisły (część W)	W1	Biała Łada	331.3	236.3	78.3	0,46 ²⁾	116	38.5	2) analogia do zlewni Sanny
	W2	Sanna	494.9	175.8	87.0	0,69 ³⁾	56	27.5	3) przeliczony ze zlewni pełnej na obszar W2
	W3	Wisła	765.2	225.8	172.8	0,35 ⁴⁾	186	142.5	4) zlewnia bezpośrednia
	W4	Wyżnica	529.0	224.9	119.0	0,58	130	68.9	
	W5	Chodelka	386.6	228.6	88.4	0,67	79	30.5	
	W6	Bystra	296.2	242.7	71.9	0,21	181	53.7	
	W7	Kurówka	318.4	199.7	63.6	0,24	135	42.8	
	Razem		3121.6		680.9			404,5	
Ogółem GZWP 406			7492.5		1834,5			1052,7	

Wysoka precyzyność wyników
uzyskanych na podstawie modelu

Ocena ilościowa zasobów odnawialnych wód podziemnych – możliwości analityczne, modelowe;

ocena jakościowa – przykład dla GZWP 406

Tabela 2. Zasoby wód podziemnych GZWP 406 (dla okresu normalnego 1951-70)

	Obszar zasobowy	Zlewnia rzeki	Powierzchnia zlewni w granicach GZWP 406	Moduł zasobów odnawialnych	Zasoby odnawialne	Przepływ nie-naruszalny (Q_{nh})	Moduł zasobów dyspozycyjnych	Zasoby dyspozycyjne	Uwagi
			[km ²]	[m ³ /d*km ²]	[tys.m ³ /d]	[m ³ /s]	[m ³ /d*km ²]	[tys.m ³ /d]	
Zlewnia Wieprza (część E)	A2	Por	638.1	301	192.1	0,74	128	81.7	
	A6	Wieprz	603.0	267	161.0	3,78	111	66.9	
	B7	Giełczew	365.6	232	84.8	0,30	143	52.3	
	B8	Bystrzyca	1269.9	270	342.9	1,33 ¹⁾	166	210.8	1) w Sobianowicach
	B10	Wieprz	260.4	213	55.5	4,27	131	34.1	
	B11	Wieprz	408.7	202	82.6	6,26	168	68.7	
	C15	Minina	398.3	283	112.7	0,38	147	58.6	
	C16	Wieprz	426.9	286	122.1	9,40	176	75.1	
	Razem		4370.9		1153.6			648,2	
Zlewnia Wisły (część W)	W1	Biała Łada	331.3	236.3	78.3	0,46 ²⁾	116	38.5	2) analogia do zlewni Sanny
	W2	Sanna	494.9	175.8	87.0	0,69 ³⁾	56	27.5	3) przeliczony ze zlewni pełnej na obszar W2
	W3	Wisła	765.2	225.8	172.8	0,35 ⁴⁾	186	142.5	4) zlewnia bezpośrednia
	W4	Wyżnica	529.0	224.9	119.0	0,58	130	68.9	
	W5	Chodelka	386.6	228.6	88.4	0,67	79	30.5	
	W6	Bystra	296.2	242.7	71.9	0,21	181	53.7	
	W7	Kurówka	318.4	199.7	63.6	0,24	135	42.8	
	Razem		3121.6		680.9			404,5	
Ogółem GZWP 406			7492.5		1834,5			1052,7	

Wysoka precyzyność wyników
uzyskanych na podstawie modelu

2. Infiltracja, strefa aeracji, zasilanie infiltracyjne, prędkość przepływu, prędkość infiltracji

Infiltracja

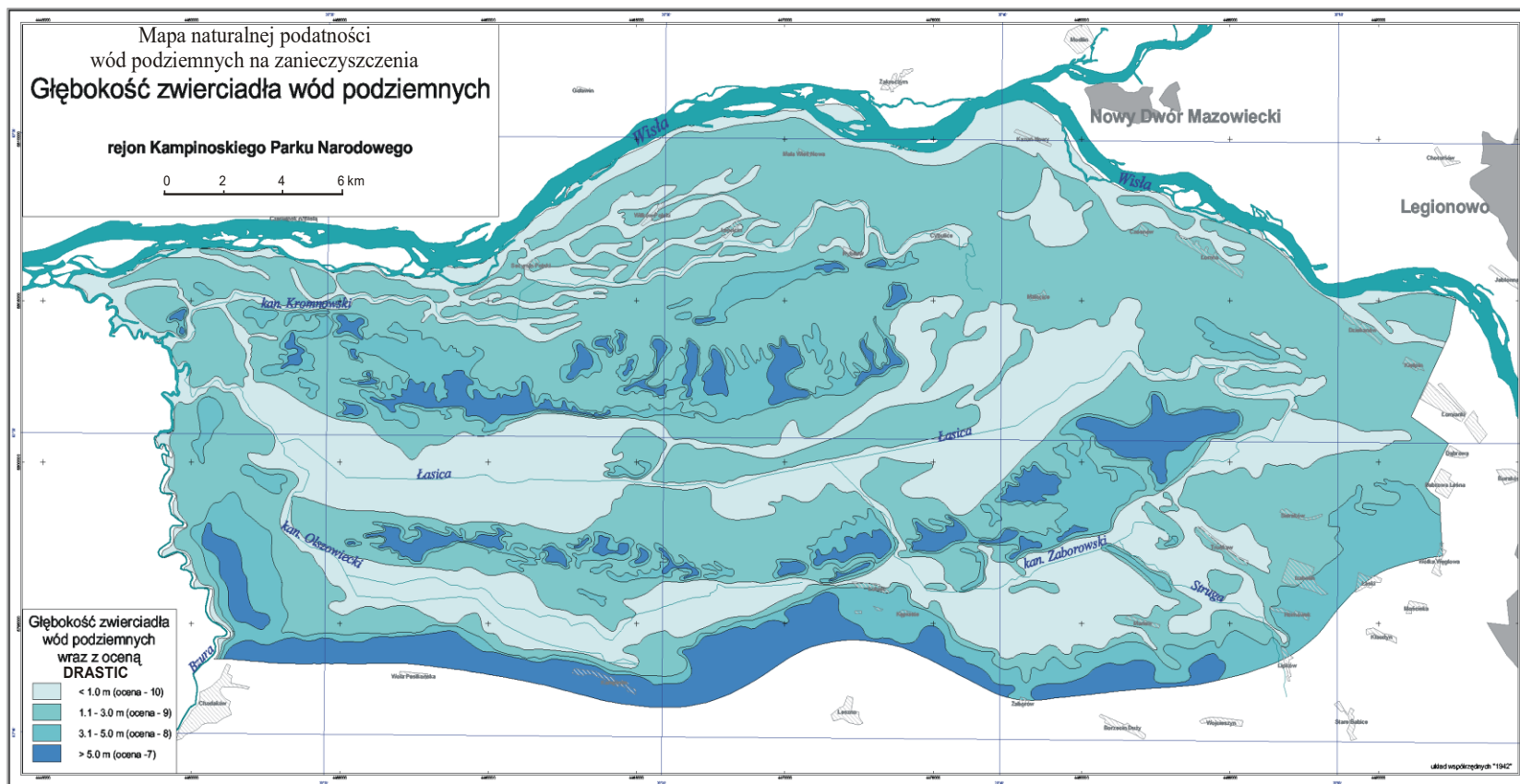
Zasilanie wód podziemnych poprzez opady atmosferyczne



wsiąkanie w powierzchnię terenu wód pochodzących z opadów → **przesączanie** ich wskutek działania siły ciężkości poprzez strefę aeracji do strefy saturacji.

Wody pochodzące z infiltracji są wykorzystywane w rolnictwie.

Metody oceny ilości wód infiltracyjnych (wymagają znajomości warunków hydrogeologicznych) - przykład



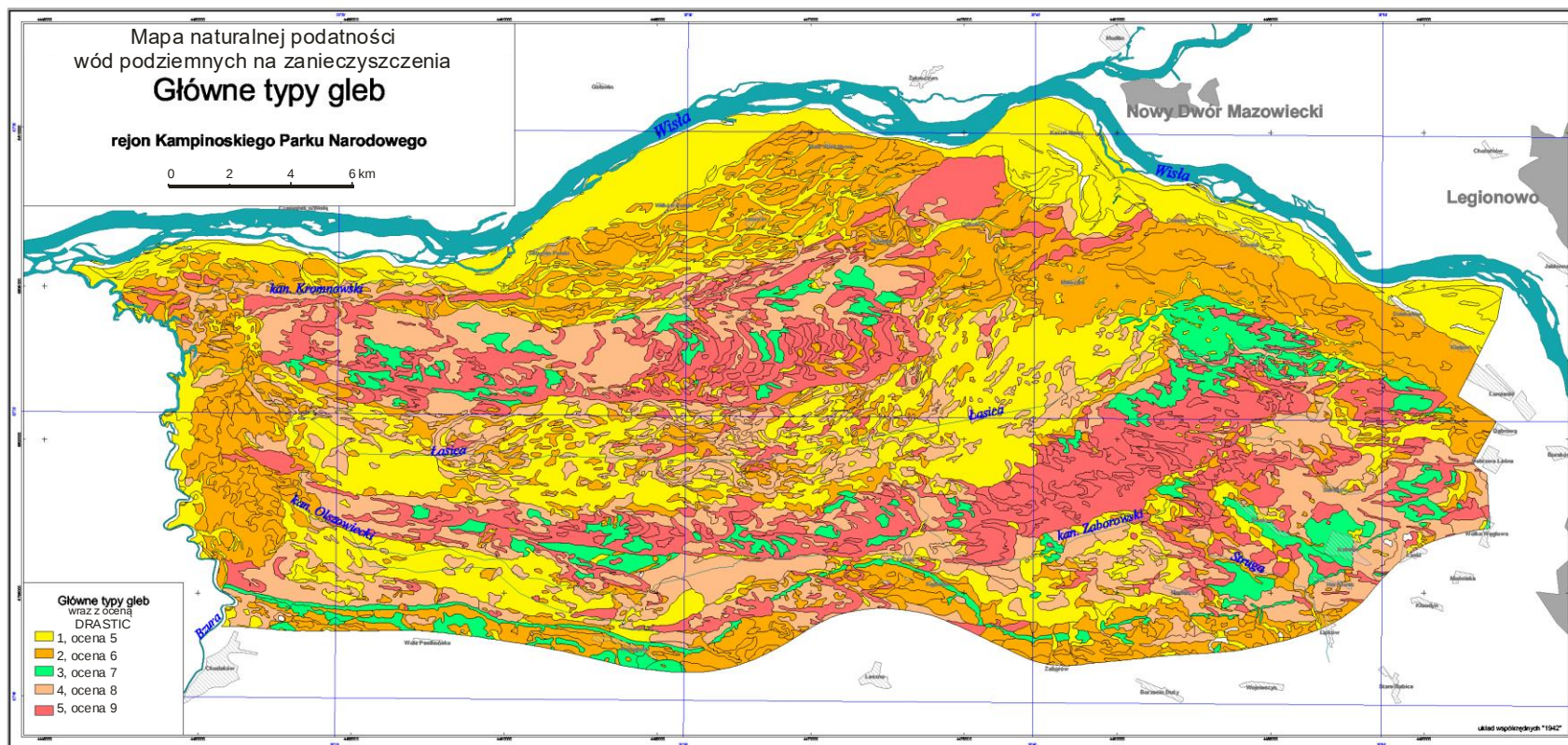
Seminarium
„Zrównoważone, inteligentne rolnictwo -
WODA”

10. X. 2018 r.

Europejskie Centrum Edukacji Geologicznej
Chęciny



Metody oceny ilości wód infiltracyjnych (wymagają znajomości warunków hydrogeologicznych) - przykład



Objaśnienia

- 1 - gleby pyłowe, mineralno-murszowe, mady rzeczne
- 2 - gleby brunatne, czarne ziemie
- 3 - gleby bielcowe, eoliczno-erodowane, etc.
- 4 - gleby rdzawe, mułowo-glejowe, torfowo murszowe, ziemie murszaste
- 5 - gleby gruntowo-glejowe, glejobilicowe, bielicoziemne



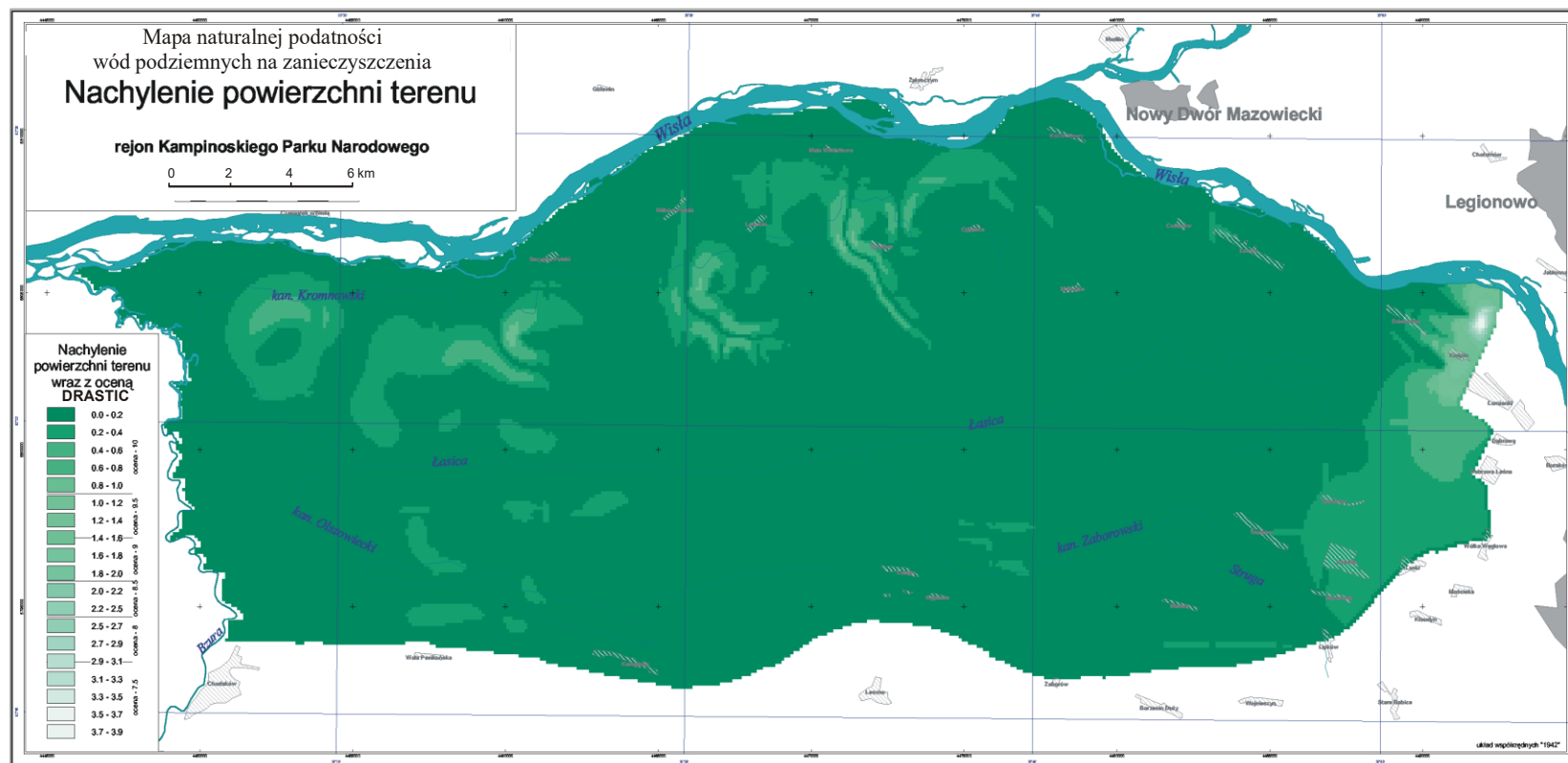
Seminarium
„Zrównoważone, inteligentne rolnictwo -
WODA”

10. X. 2018 r.

Europejskie Centrum Edukacji Geologicznej
Chęciny



Metody oceny ilości wód infiltracyjnych (wymagają znajomości warunków hydrogeologicznych) - przykład



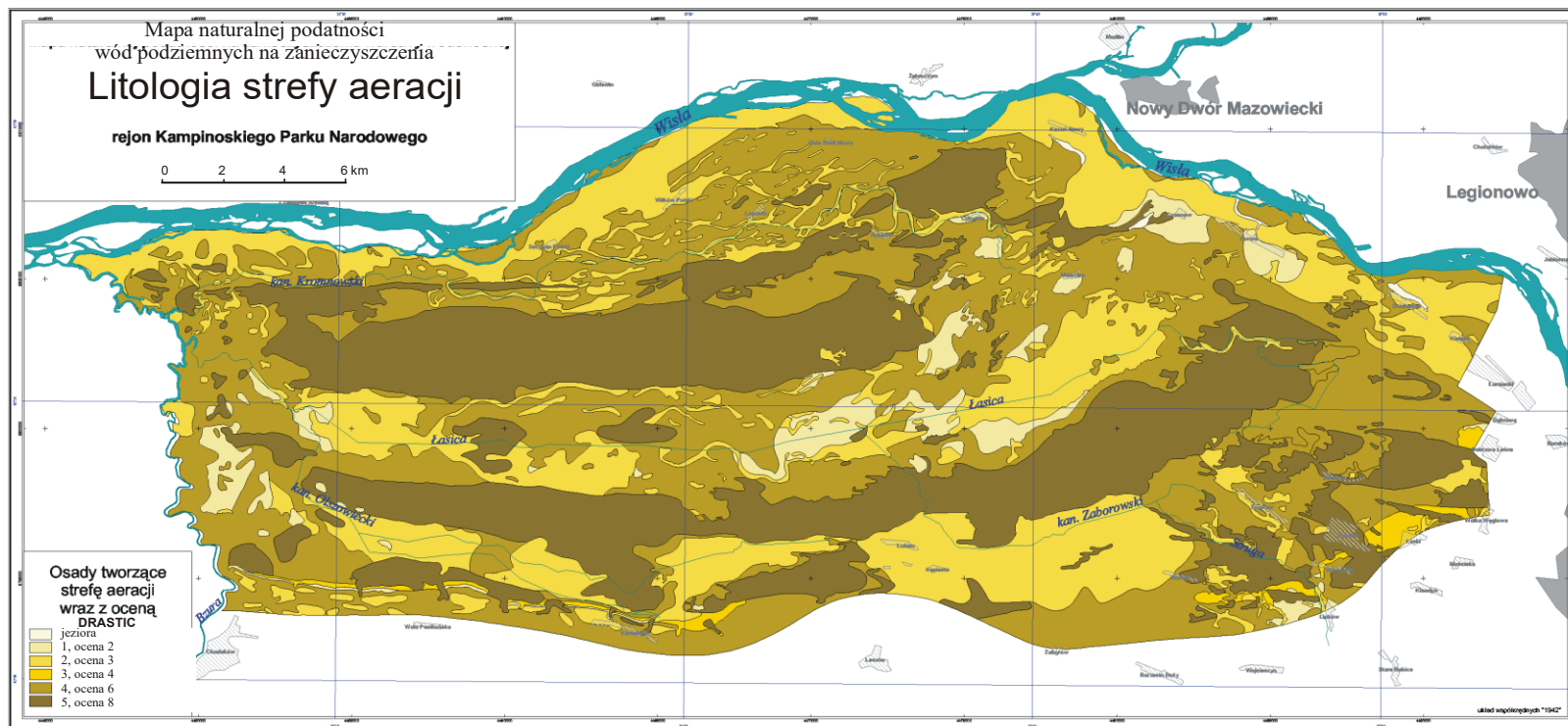
Seminarium
„Zrównoważone, inteligentne rolnictwo -
WODA”

10. X. 2018 r.

Europejskie Centrum Edukacji Geologicznej
Chęciny



Metody oceny ilości wód infiltracyjnych (wymagają znajomości warunków hydrogeologicznych) - przykład



Objasnienia:

- 1 - ility warwowe, gliny
- 2 - namuły, mady
- 3 - przemyle gliny zwałowe
- 4 - piaski rzeczne i fuwioglacjalne
- 5 - żwir, piaski coliczne, piaski przewiane



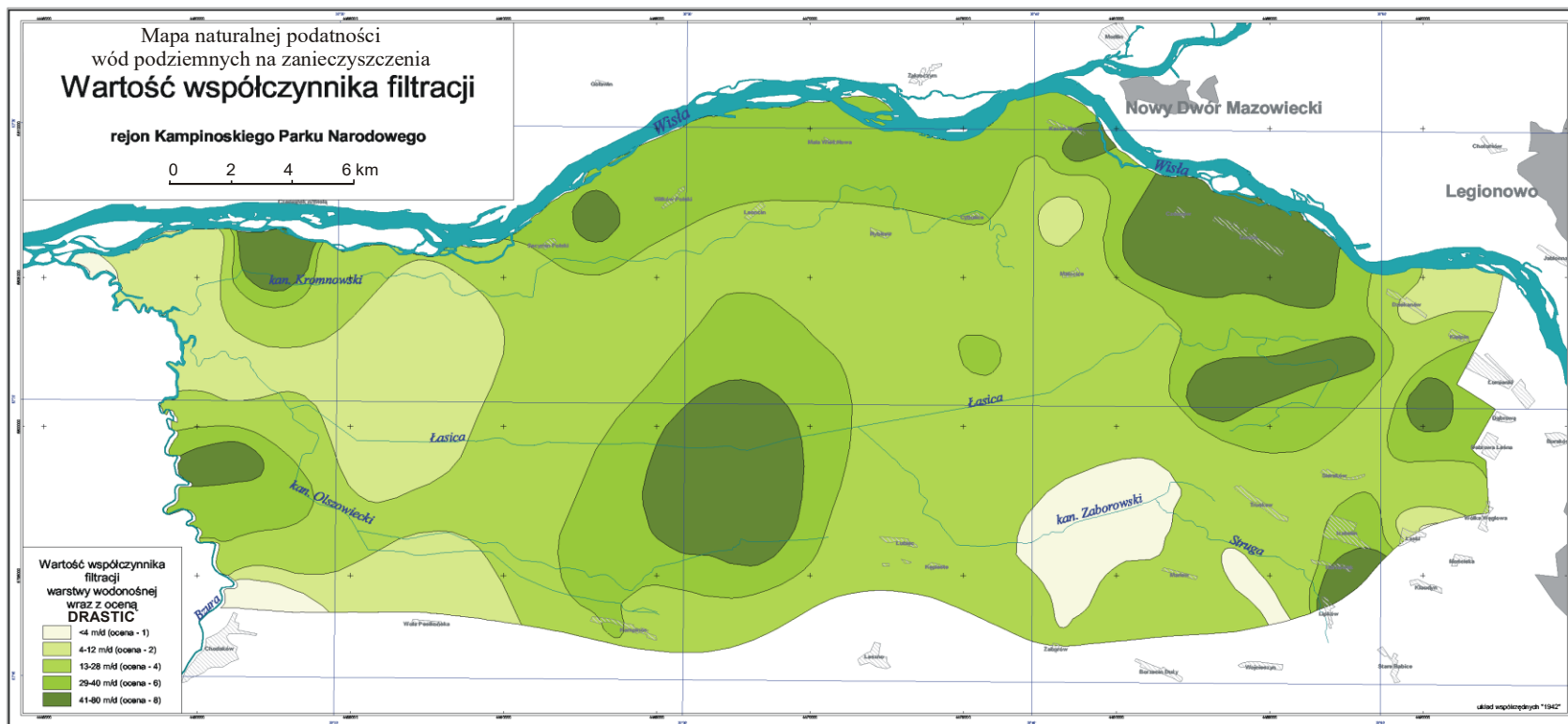
Seminarium
„Zrównoważone, inteligentne rolnictwo -
WODA”

10. X. 2018 r.

Europejskie Centrum Edukacji Geologicznej
Chęciny



Metody oceny ilości wód infiltracyjnych (wymagają znajomości warunków hydrogeologicznych) - przykład



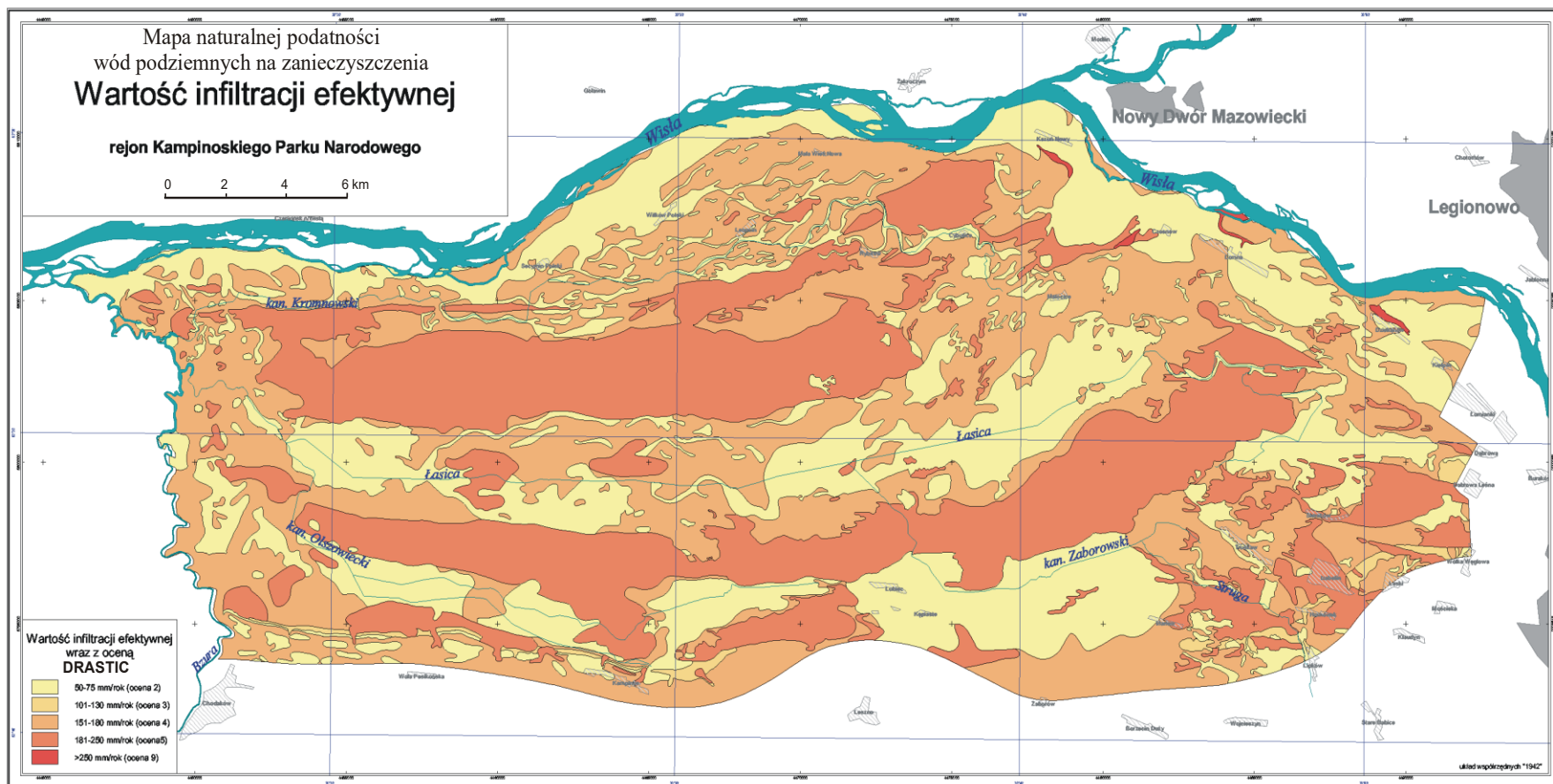
Seminarium
„Zrównoważone, inteligentne rolnictwo -
WODA”

10. X. 2018 r.

Europejskie Centrum Edukacji Geologicznej
Chęciny



Metody oceny ilości wód infiltracyjnych (wymagają znajomości warunków hydrogeologicznych) - przykład



Seminarium
„Zrównoważone, inteligentne rolnictwo -
WODA”

10. X. 2018 r.

Europejskie Centrum Edukacji Geologicznej
Chęciny



Ilości wód infiltracyjnych można oszacować empirycznie, między innymi na podstawie analizy danych – przykład metody

Zasilanie infiltracyjne liczone jest w następujący sposób

- Metoda fluktuacji zwierciadła wody (WTF):

$$R = \frac{S_y dh}{dt} = \frac{S_y \Delta h}{\Delta t}$$

R (l)– zasilanie infiltracyjne [L/T] (mm/rok)

S_y - współczynnik pojemności wodnej (liczbowo odpowiada współczynnikowi odsączalności [1])

h – wysokość hydrauliczna [l] (mm)

t – czas [T] (rok)

Można policzyć **prędkość przesączania** (infiltracji) również na podstawie danych hydrogeologicznych

$$v_a = dl/dt = k'/w - w_0$$

Zależność tę można uprościć do wzoru przedstawionego po raz pierwszy przez Bindemana (Szeszakow, 1969):

$$t_a = \sum_{i=1}^n \frac{m_i n_o}{\sqrt[3]{I_e^2 k'}}$$

t_a – czas przesączania pionowego (lata)

m_i - miąższość kolejnych warstw profilu strefy aeracji (m)

$(w_o)_i$ - przeciętna wilgotność objętościowa kolejnych warstw profilu strefy aeracji (-)

I_e - infiltracja opadów atmosferycznych (mm/rok)

Czas przesączania wód

$$t_a = \sum_{i=1}^n \frac{m_i \cdot (w_o)_i}{I_e}$$

$$t_a = \sum_{i=1}^n \frac{m_i n_o}{\sqrt[3]{I_e^2 k'}}$$

$$t_a = \sum_{i=1}^n \frac{m_i (w_o)_i}{\sqrt[3]{I_e^2 k'}}$$

Model 1 –

(Wösten et. al., 1986)

Model 2 –

(formuła Bindemana)

Model 3 –

(Macioszczyk, 1992)

Kilka użytecznych wzorów stosowanych w hydrogeologii – wymagają rozpoznania geologicznego

Czas pionowej migracji zanieczyszczeń konserwatywnych bez uwzględniania nierównomierności przesączania. Można założyć mechanizm wypierania tłokowego i czas pionowej migracji zanieczyszczeń konserwatywnych odpowiadający czasowi przesączania wody.

t_a – czas przesączania pionowego (lata)
 m_i - miąższość kolejnych warstw profilu strefy aeracji (m)
 $(w_o)_i$ - przeciętna wilgotność objętościowa kolejnych warstw profilu strefy aeracji (-)
 I_e - infiltracja opadów atmosferycznych (mm/rok)

4. Ochrona wód podziemnych, wykorzystanie wód do nawodnień w nawiązaniu do obszarów ochronnych Głównych Zbiorników Wód Podziemnych

Przykład badań hydrogeologicznych dla GZWP 406 -
modelowanie hydrodynamiczne

**Cel: identyfikacja zasobów wód możliwych do
zagospodarowania, określenie zagrożeń wód**

131 głównych zbiorników wód podziemnych



Seminarium
„Zrównoważone, inteligentne rolnictwo -
WODA”

10. X. 2018 r.

Europejskie Centrum Edukacji Geologicznej
Chęciny



4. Ochrona wód podziemnych w Polsce, wykorzystanie wód do nawodnień w nawiązaniu do obszarów ochronnych typu Głównie Zbiorniki Wód Podziemnych.



Dokumentacja GZWP, 2012

Obszary aktywności warstw wodonośnych

Warunki brzegowe modelu



zewewnętrzne granice warstw - warunek II rodzaju, $Q = 0$



ujęcia (upusty) - warunek II rodzaju, $Q < 0$
(wielkość symbolu proporcjonalna do wydajności)

drenaż powierzchniowy - warunek III rodzaju
(wielkość symbolu proporcjonalna
do powierzchni czynnej strefy drenażowej w bloku)

Rys. 1 Obszar i warunki brzegowe modelu

skala 1 : 500 000



**Seminarium
„Zrównoważone, inteligentne rolnictwo -
WODA”**

10. X. 2018 r.

**Europejskie Centrum Edukacji Geologicznej
Chęciny**



4. Ochrona wód podziemnych w Polsce, wykorzystanie wód do nawodnień w nawiązaniu do obszarów ochronnych typu Główne Zbiorniki Wód Podziemnych.



Dokumentacja GZWP, 2012

Rys. 4 Infiltracja efektywna
skala 1 : 500 000



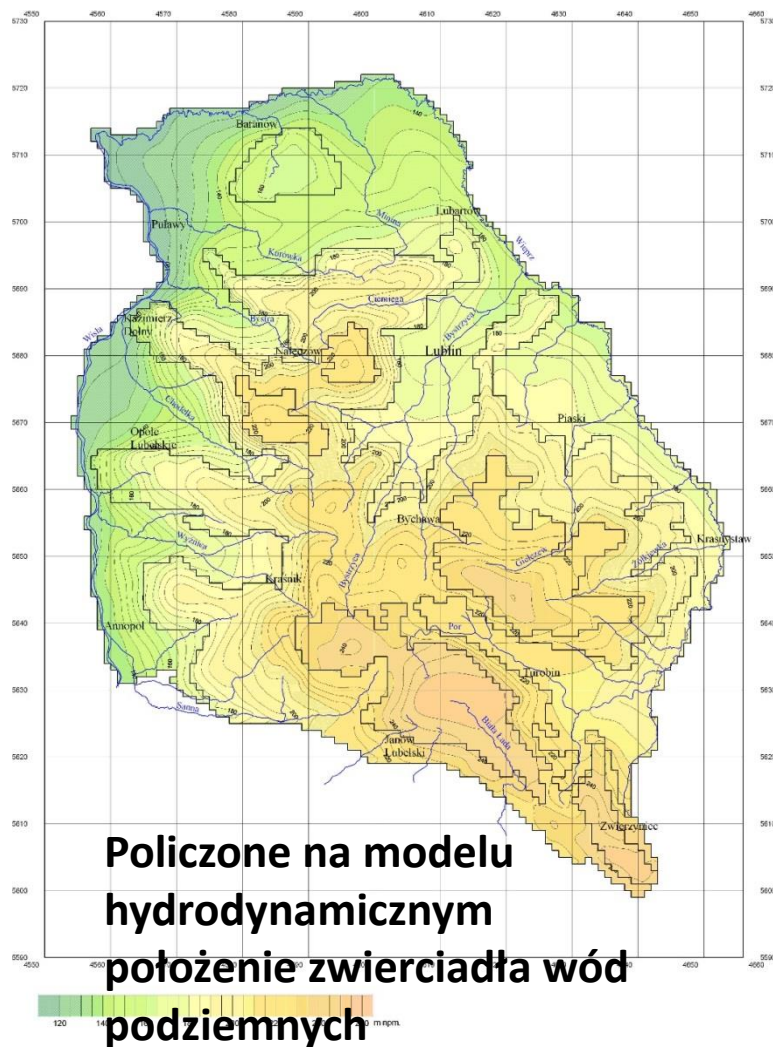
Seminarium
„Zrównoważone, inteligentne rolnictwo -
WODA”

10. X. 2018 r.

Europejskie Centrum Edukacji Geologicznej
Chęciny



4. Ochrona wód podziemnych w Polsce, wykorzystanie wód do nawodnień w nawiązaniu do obszarów ochronnych typu Główne Zbiorniki Wód Podziemnych.



Dokumentacja GZWP, 2012

Rys. 11 Modelowa mapa hydroizohips
(kompilacja warstw 1 - 2 - 3)

skala 1 : 500 000



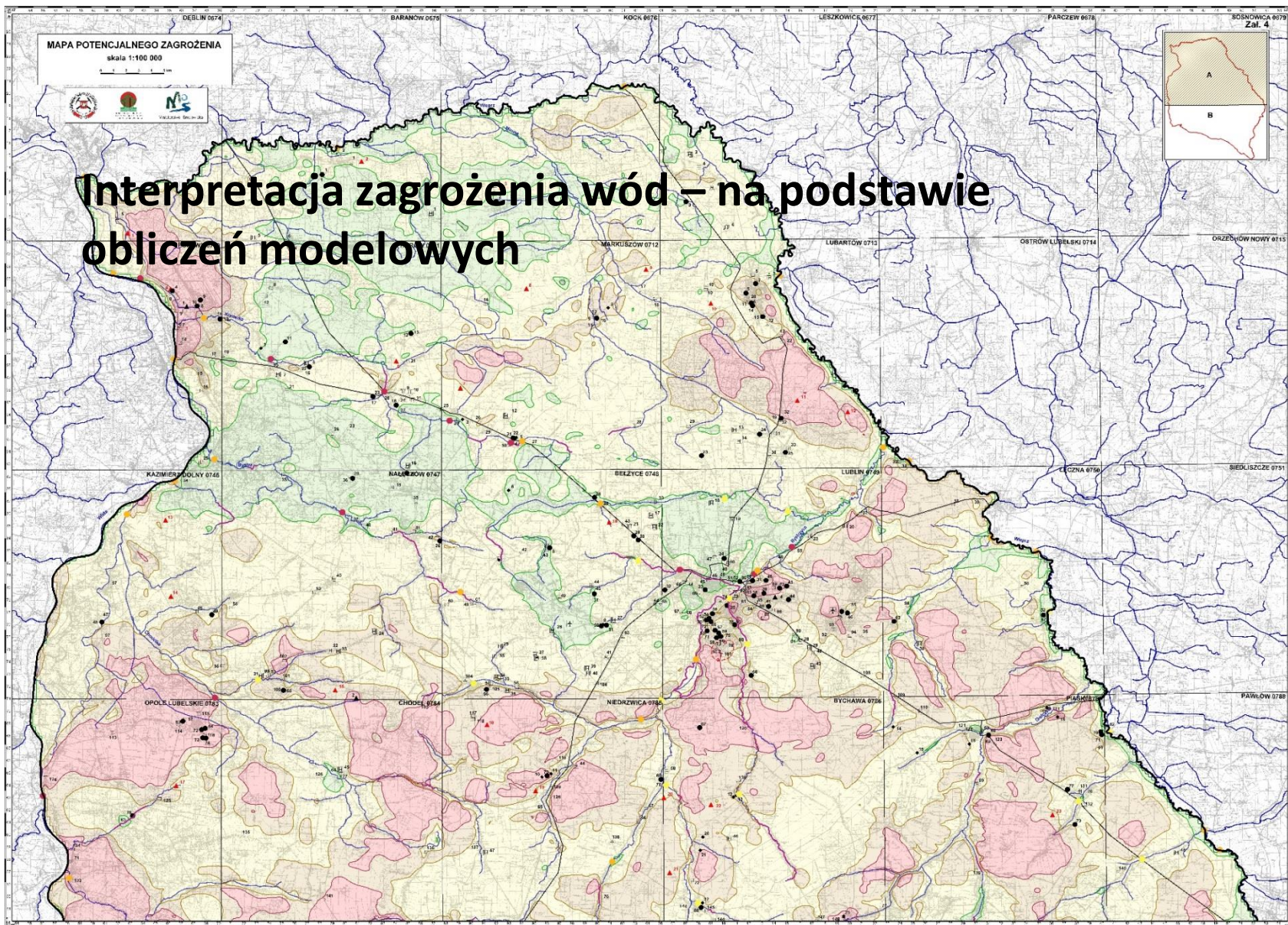
Seminarium
„Zrównoważone, inteligentne rolnictwo -
WODA”

10. X. 2018 r.

Europejskie Centrum Edukacji Geologicznej
Chęciny



4. Ochrona wód podziemnych w Polsce, wykorzystanie wód do nawodnień w nawiązaniu do obszarów ochronnych typu Główne Zbiorniki Wód Podziemnych.





Uniwersytet Warszawski

Wydział Geologii

Geomorfologia



model budowy geologicznej strefy powierzchniowej

Cieniowany
obraz
numerycznego
modelu
terenu



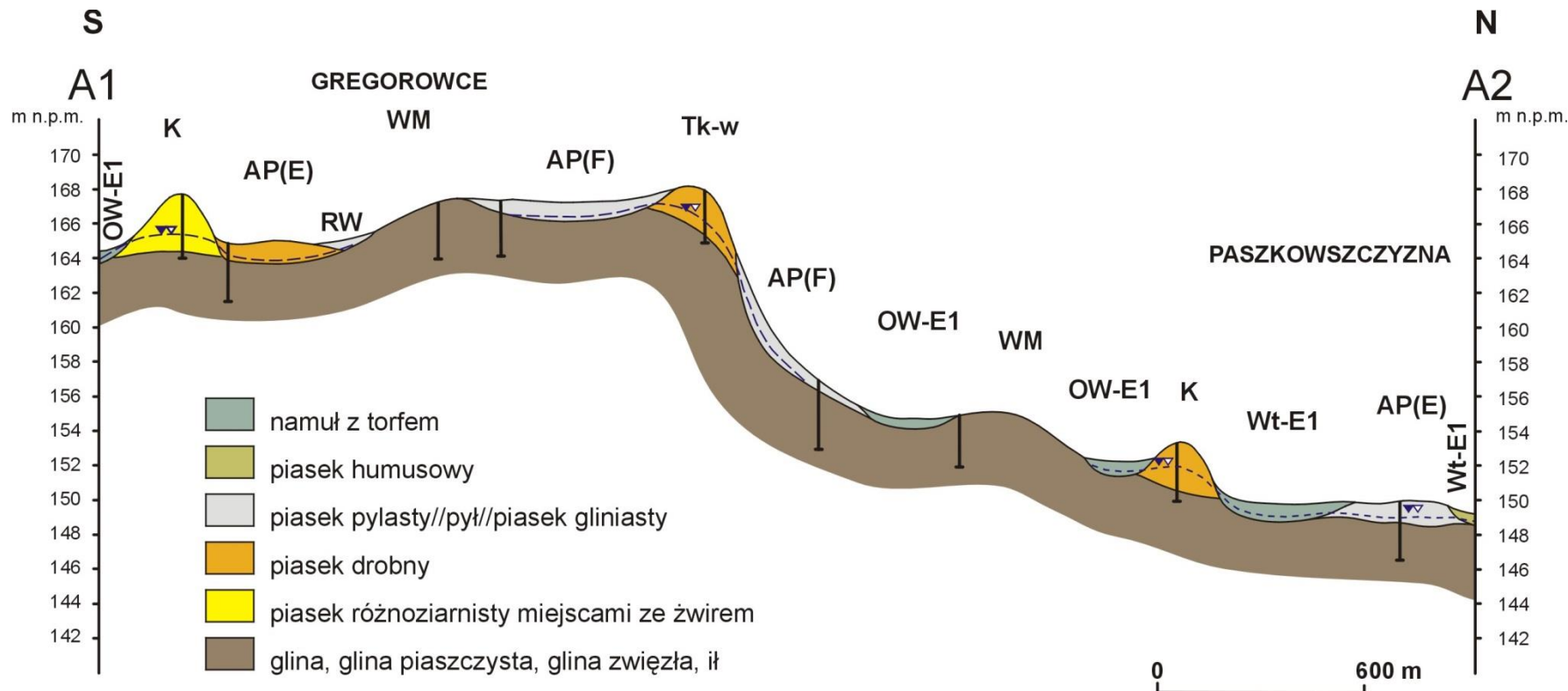
Seminarium
„Zrównoważone, inteligentne rolnictwo -
WODA”

10. X. 2018 r.

Europejskie Centrum Edukacji Geologicznej
Chęciny



Układ warstw





Uniwersytet Warszawski

Wydział Geologii

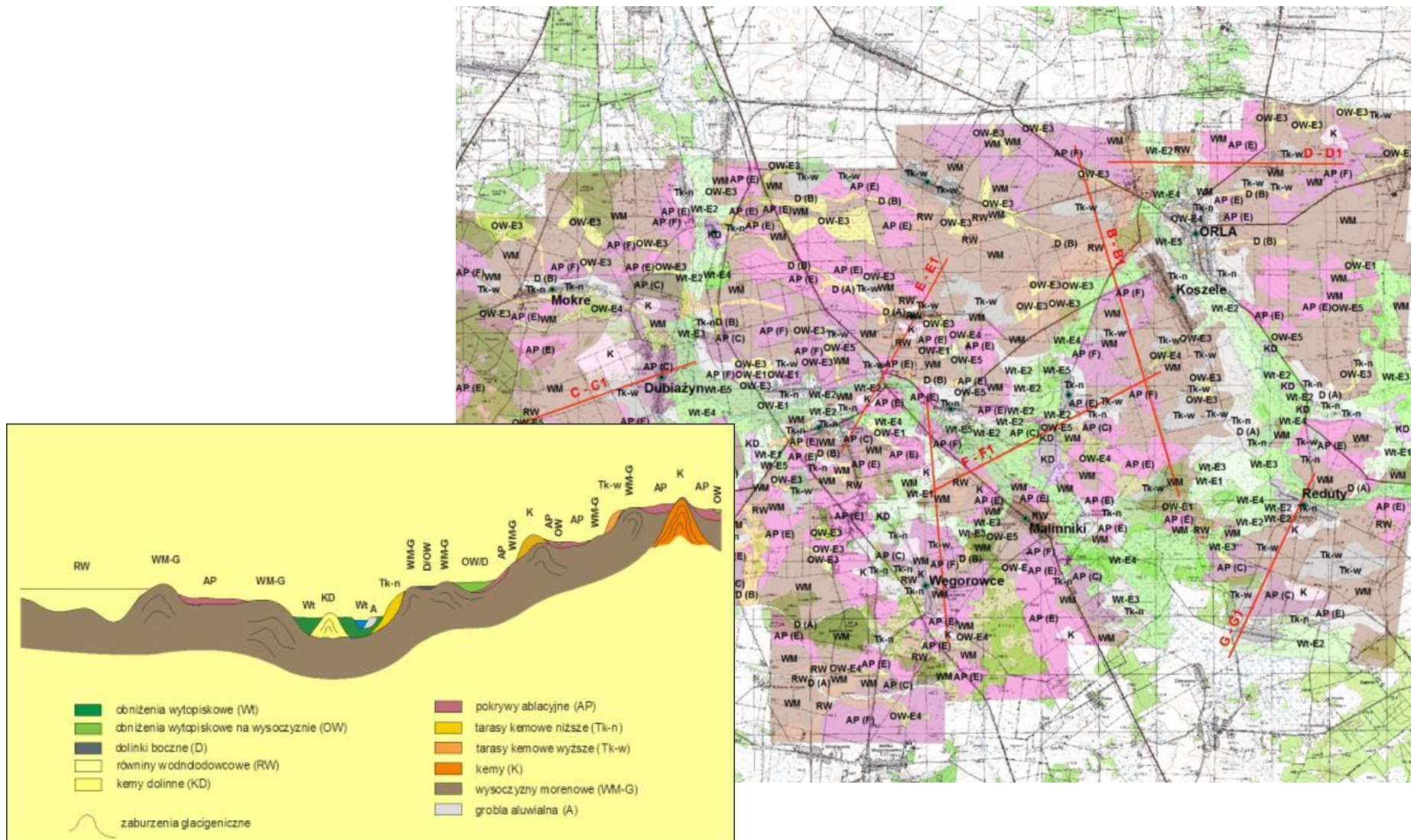


Seminarium
„Zrównoważone, inteligentne rolnictwo -
WODA”

10. X. 2018 r.

Europejskie Centrum Edukacji Geologicznej
Chęciny



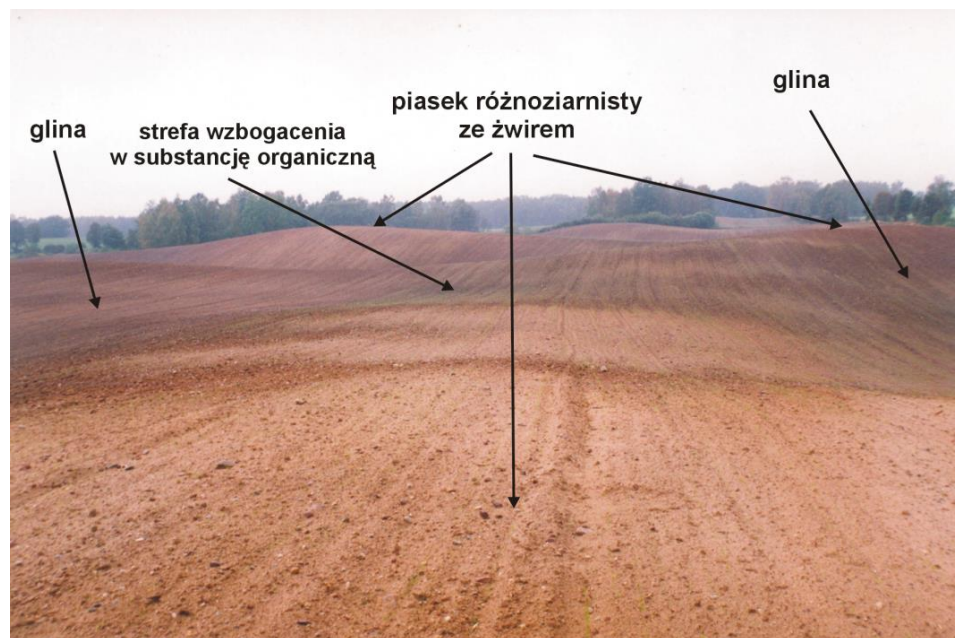
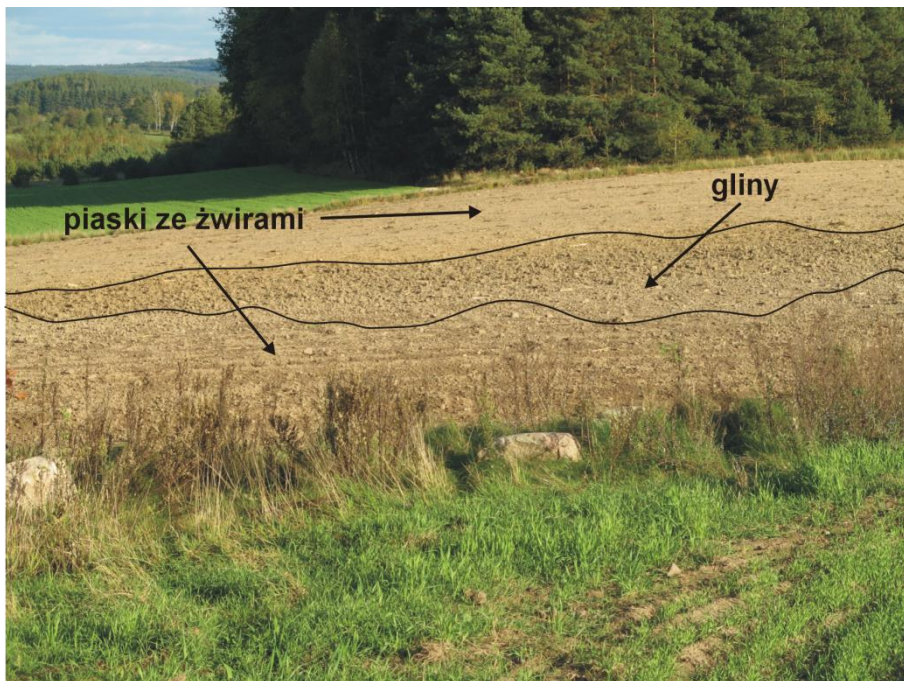


Seminarium
„Zrównoważone, inteligentne rolnictwo -
WODA”

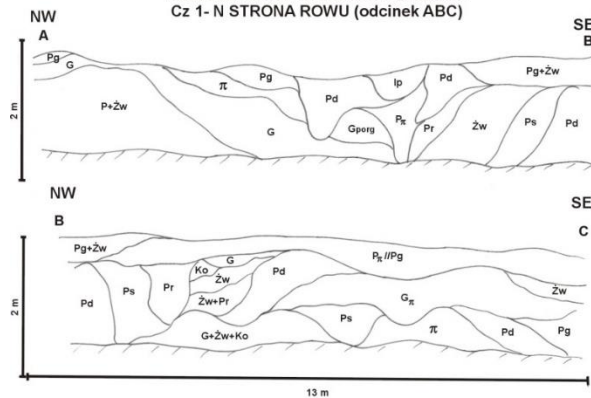
10. X. 2018 r.

Europejskie Centrum Edukacji Geologicznej
Chęciny

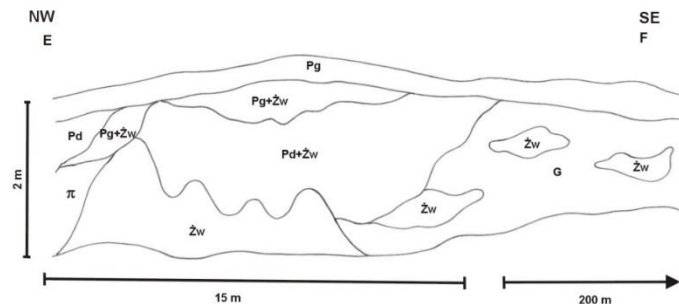




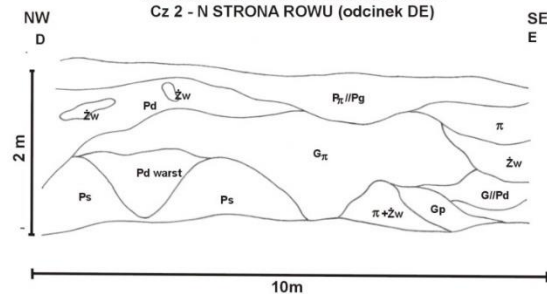
RYSUNEK ODSŁONIĘCIA OSADÓW WYSOCZYNY MORENEWEJ TYPU WM-A
WZDŁUŻ DROGI RYDZEWO-PAPROTKI
Cz 1- N STRONA ROWU (odcinek ABC)



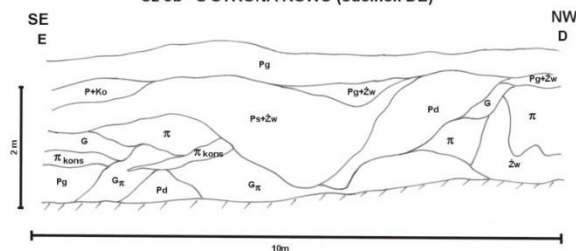
RYSUNEK ODSŁONIĘCIA OSADÓW WYSOCZYNY MORENEWEJ TYPU WM-A
WZDŁUŻ DROGI RYDZEWO-PAPROTKI
Cz 3 - N STRONA ROWU (odcinek EF)



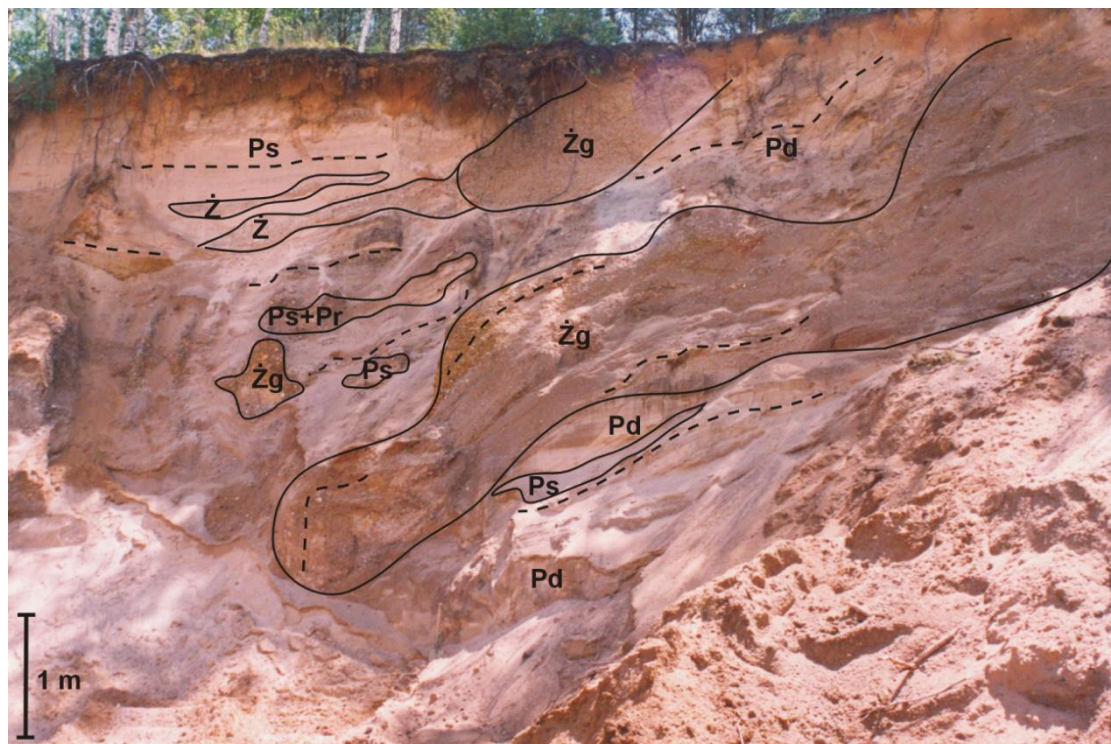
RYSUNEK ODSŁONIĘCIA OSADÓW WYSOCZYNY MORENEWEJ TYPU WM-A
WZDŁUŻ DROGI RYDZEWO-PAPROTKI
Cz 2 - N STRONA ROWU (odcinek DE)



RYSUNEK ODSŁONIĘCIA OSADÓW WYSOCZYNY MORENEWEJ TYPU WM-A
PRZY DRODZE RYDZEWO-PAPROTKI
Cz 3b - S STRONA ROWU (odcinek DE)



- | | | | |
|----------------|------------------------------|----------|-------------------------|
| Ip | ił piaszczysty | Pd | piasek drobny |
| G _π | głina pylasta | Pd warst | piasek drobny warstwowy |
| Gp | głina piaszczysta | Ps | piasek średni |
| G | głina | Pr | piasek gruby |
| Gporg | głina piaszczysta organiczna | Zw | żwir |
| π | pył | | |
| P _p | piasek pylasty | | |
| Pg | piasek gliniasty | | |

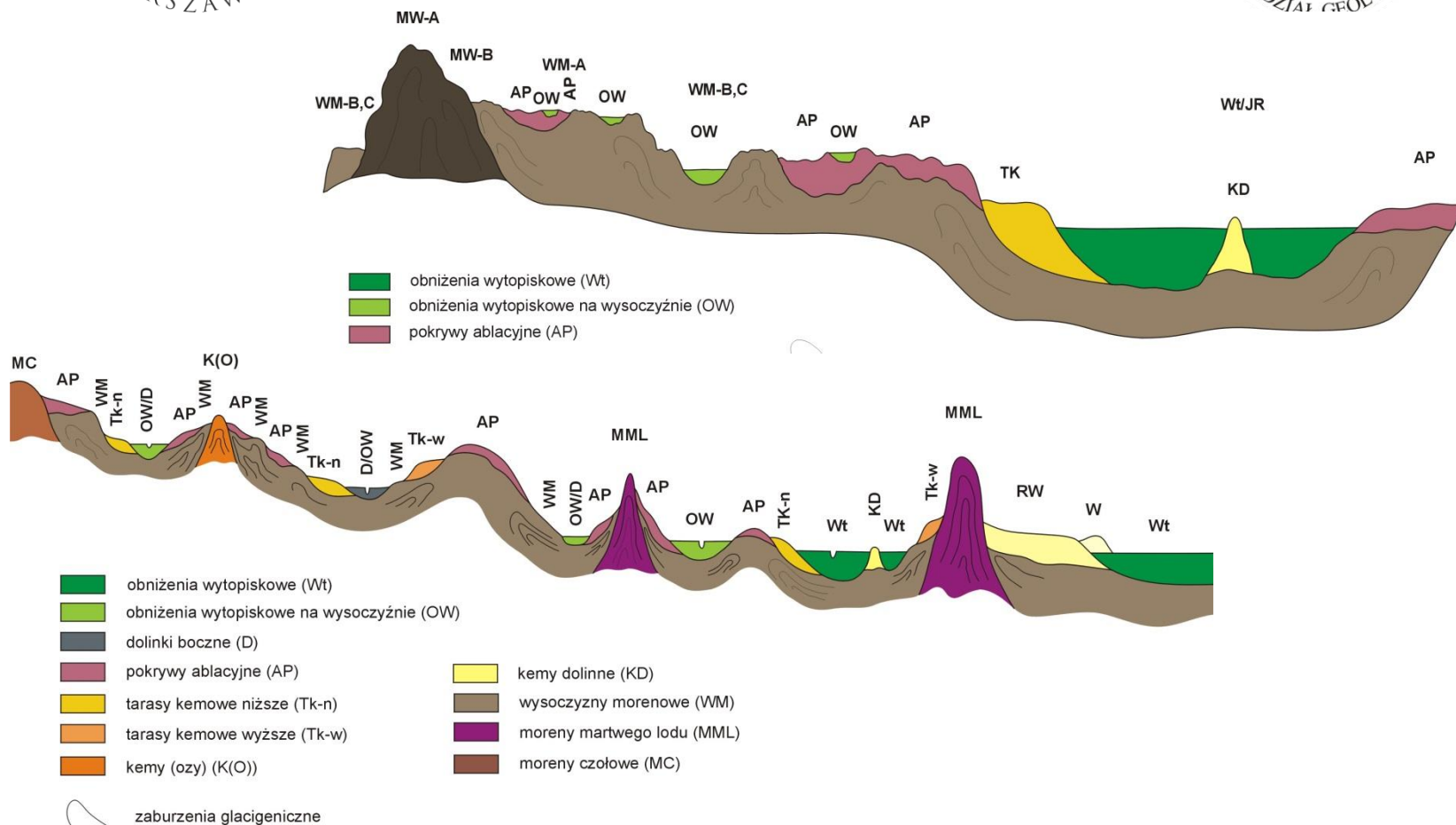


Pd - piasek drobny, Ps - piasek średni, Pr - piasek gruby, Ż - żwir, Żg - żwir gliniasty

----- wybrane granice warstw

Uniwersytet Warszawski

Wydział Geologii



Seminarium
„Zrównoważone, inteligentne rolnictwo -
WODA”

10. X. 2018 r.

Europejskie Centrum Edukacji Geologicznej
Chęciny





Uniwersytet Warszawski

Wydział Geologii



Dziękuję za uwagę



Seminarium
„Zrównoważone, inteligentne rolnictwo -
WODA”

10. X. 2018 r.

Europejskie Centrum Edukacji Geologicznej
Chęciny

