

## Geograficzne aspekty lokalizacji farm fotowoltaicznych.

Maciej Fertała

Green Power Development sp. z o.o.



Centrum Inteligentnych Systemów Informatycznych Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica al. Mickiewicza 30-059 Kraków  
budynek C-2 pokój 426 tel.: 12 617 44 53 www.isi.agh.edu.pl isi@agh.edu.pl



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.



25.02.2014

# WARSZTATY FOTOWOLTAICZNE

## Plan prezentacji

1. Czynniki geograficzne i ich wpływ na lokalizację farm FV
2. Dane stosowane do obliczeń
3. Narzędzia obliczeniowe i wyniki analiz

Centrum Inteligentnych Systemów Informatycznych Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica al. Mickiewicza 30-059 Kraków  
budynek C-2 pokój 426 tel.: 12 617 44 53 www.isi.agh.edu.pl isi@agh.edu.pl



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.



25.02.2014

## WARSZTATY FOTOWOLTAICZNE



centrum  
Inteligentnych  
Systemów Informatycznych

### Czynniki geograficzne

- Szerokość geograficzna – kąt padania promieni słonecznych
- Nachylenie terenu
- Ekspozycja terenu – usytuowanie względem stron świata

Centrum Inteligentnych Systemów Informatycznych Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica al. Mickiewicza 30-059 Kraków  
budynek C-2 pokój 426 tel: 12 617 44 53 www.isi.agh.edu.pl isi@agh.edu.pl



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.



25.02.2014

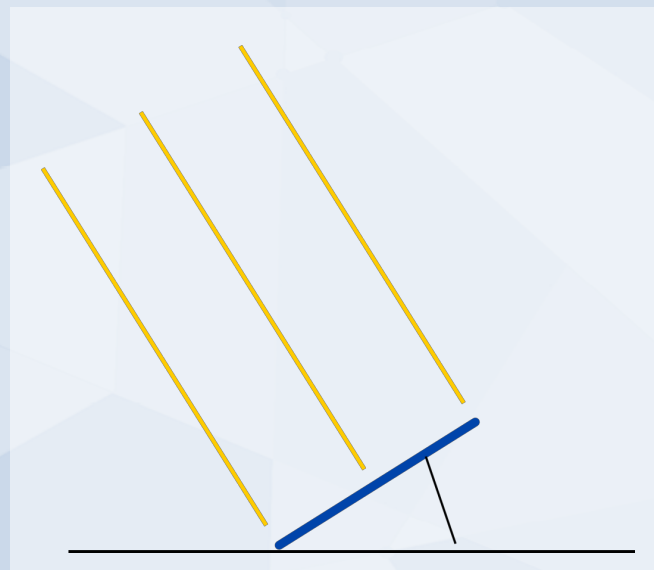
## WARSZTATY FOTOWOLTAICZNE



centrum  
Inteligentnych  
Systemów Informatycznych

### Kąt padania promieni słonecznych

Stopień nasłonecznienia paneli fotowoltaicznych jest zależny od powierzchni przekroju poprzecznego strumienia światła.



Centrum Inteligentnych Systemów Informatycznych Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica al. Mickiewicza 30-059 Kraków  
budynek C-2 pokój 426 tel: 12 617 44 53 www.isi.agh.edu.pl isi@agh.edu.pl



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.



25.02.2014

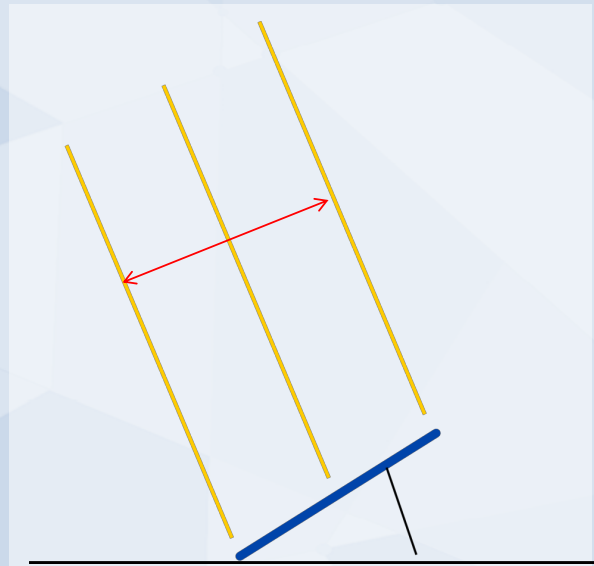
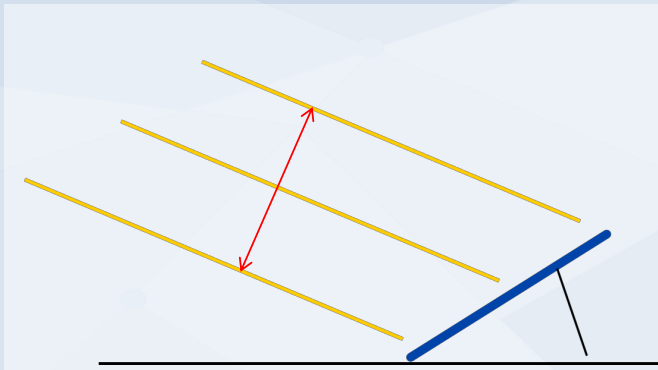
# WARSZTATY FOTOWOLTAICZNE



centrum  
Inteligentnych  
Systemów Informatycznych

## Kąt padania promieni słonecznych

Inne przykładowe kąty padania promieni słonecznych.



Centrum Inteligentnych Systemów Informatycznych Akademia Gorniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica al. Mickiewicza 30-059 Kraków  
budynek C-2 pokój 426 tel: 12 617 44 53 www.isi.agh.edu.pl isi@agh.edu.pl



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.



25.02.2014

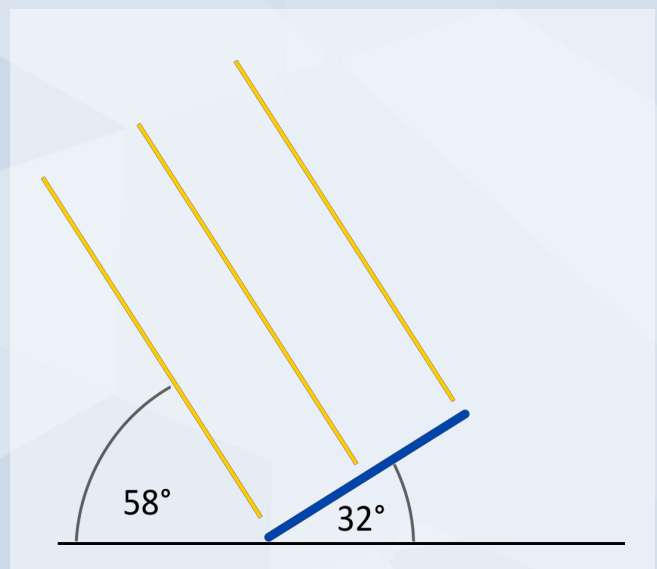
# WARSZTATY FOTOWOLTAICZNE



centrum  
Inteligentnych  
Systemów Informatycznych

## Kąt padania promieni słonecznych

W związku ze zmiennym kątem padania promieni słonecznych na terenie Polski optymalny kąt ustawiania paneli FV to  $32^\circ$ .



Centrum Inteligentnych Systemów Informatycznych Akademia Gorniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica al. Mickiewicza 30-059 Kraków  
budynek C-2 pokój 426 tel: 12 617 44 53 www.isi.agh.edu.pl isi@agh.edu.pl



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.



25.02.2014

WARSZTATY FOTOWOLTAICZNE



centrum  
Inteligentnych  
Systemów Informatycznych

## Szerokość pasa paneli FV

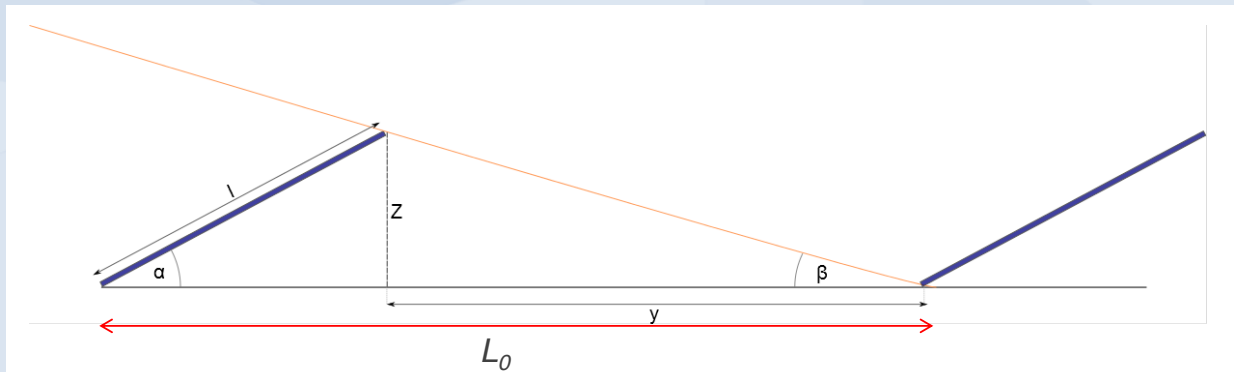
– z uwzględnieniem szerokości geograficznej

$$\beta = 90 - \phi - 23^\circ 27'$$

$$y_0 = \frac{Z}{\operatorname{tg} \beta}$$



$$L_0 = \frac{l \sin \alpha}{\operatorname{tg} \beta} + l \cos \alpha$$



Centrum Inteligentnych Systemów Informatycznych Akademia Gorniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica al. Mickiewicza 30-059 Kraków  
budynek C-2 pokój 426 tel: 12 617 44 53 www.isi.agh.edu.pl isi@agh.edu.pl



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.



25.02.2014

WARSZTATY FOTOWOLTAICZNE

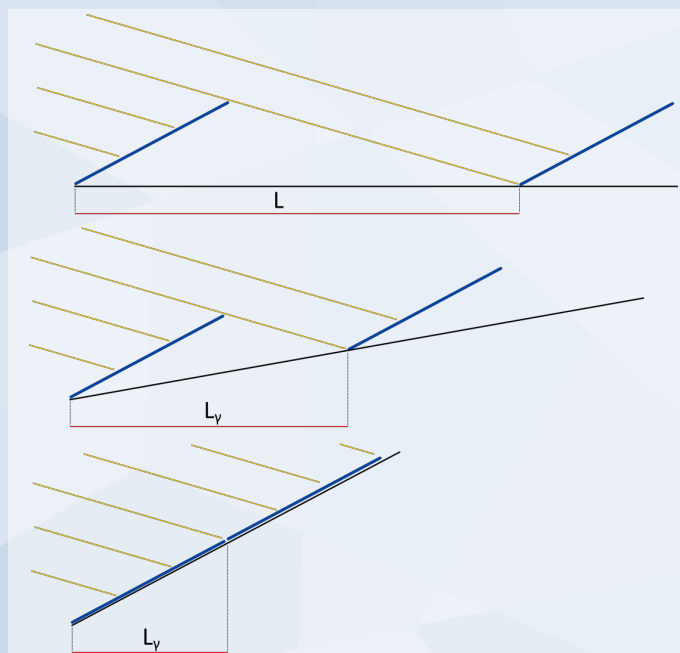


centrum  
Inteligentnych  
Systemów Informatycznych

## Szerokość pasa paneli FV

z uwzględnieniem:

- szerokości geograficznej
- nachylenia terenu ( $\gamma$ )



Centrum Inteligentnych Systemów Informatycznych Akademia Gorniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica al. Mickiewicza 30-059 Kraków  
budynek C-2 pokój 426 tel: 12 617 44 53 www.isi.agh.edu.pl isi@agh.edu.pl



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.



25.02.2014

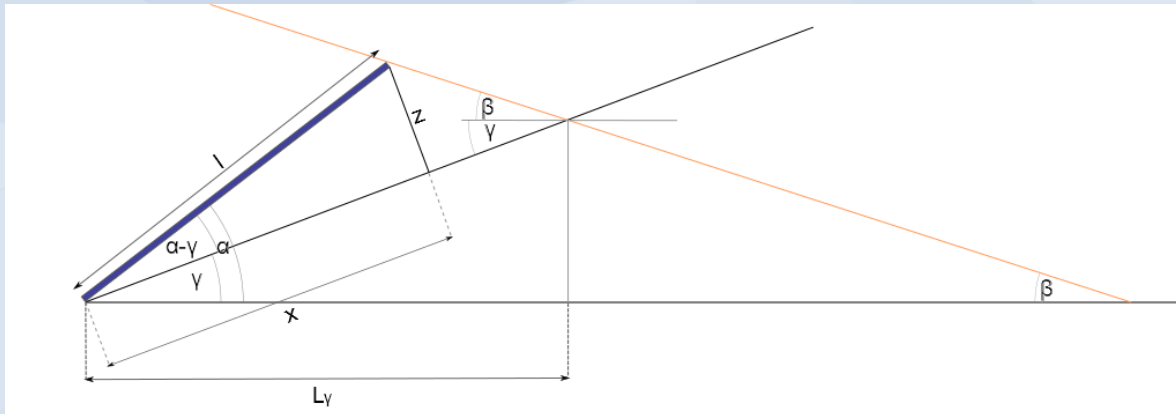
WARSZTATY FOTOWOLTAICZNE



centrum  
Inteligentnych  
Systemów Informatycznych

## Szerokość pasa paneli FV

$$L_{\gamma} = l \times \cos \gamma \left( \cos \alpha + \frac{\sin \alpha}{\operatorname{tg}(\beta + \gamma)} \right)$$



Centrum Inteligentnych Systemów Informatycznych Akademia Gorniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica al. Mickiewicza 30-059 Kraków  
budynek C-2 pokój 426 tel: 12 617 44 53 www.isi.agh.edu.pl isi@agh.edu.pl



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.



25.02.2014

WARSZTATY FOTOWOLTAICZNE



centrum  
Inteligentnych  
Systemów Informatycznych

## Powierzchnia paneli FV na 1 m<sup>2</sup> na podstawie szerokości rzędów

Do obliczenia powierzchni panela FV na metr kwadratowy potrzebne są:

- szerokość panela fotowoltaicznego ( $l$ )
- szerokość jednego rzędu paneli FV wraz pasem pomiędzy ( $L_{\gamma}$ )

$$N = \frac{l}{L_{\gamma}}$$

Centrum Inteligentnych Systemów Informatycznych Akademia Gorniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica al. Mickiewicza 30-059 Kraków  
budynek C-2 pokój 426 tel: 12 617 44 53 www.isi.agh.edu.pl isi@agh.edu.pl



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.



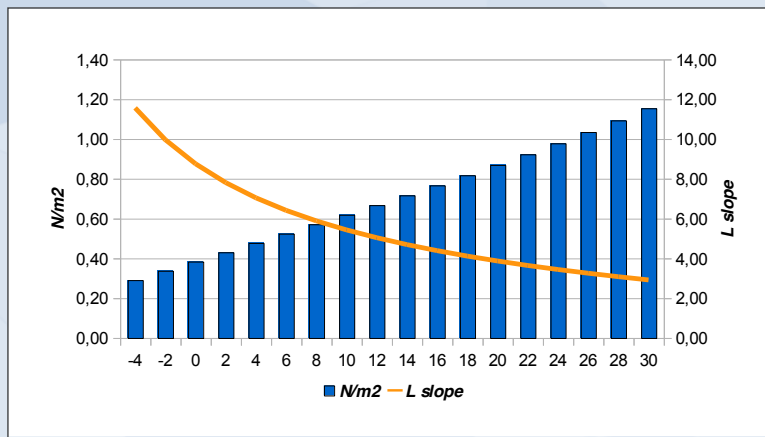
25.02.2014

WARSZTATY FOTOWOLTAICZNE

centrum  
Inteligentnych  
Systemów Informatycznych

Kąt nachylenia	L slope [m]	N/m <sup>2</sup>
-4	11,56	0,29
-2	9,96	0,34
0	8,75	0,38
2	7,80	0,43
4	7,04	0,48
6	6,41	0,52
8	5,88	0,57
10	5,42	0,62
12	5,03	0,67
14	4,69	0,72
16	4,38	0,77
18	4,11	0,82
20	3,86	0,87
22	3,64	0,92
24	3,43	0,98
26	3,25	1,04
28	3,07	1,09
30	2,91	1,15

## Powierzchnia paneli fotowoltaicznych na 1 m<sup>2</sup>



Centrum Inteligentnych Systemów Informatycznych Akademia Gorniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica al. Mickiewicza 30-059 Kraków  
budynek C-2 pokój 426 tel: 12 617 44 53 www.isi.agh.edu.pl isi@agh.edu.pl



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.



25.02.2014

WARSZTATY FOTOWOLTAICZNE

centrum  
Inteligentnych  
Systemów Informatycznych

## Moc farmy FV w zależności od nachylenia terenu

Przy założeniu że panel FV o powierzchni 1 m<sup>2</sup> ma moc nominalna równą około 230 W (zależnie od typu, producenta), na płaskim terenie można uzyskać około 0,5 MW z 1 ha ziemi.

Kąt nachylenia	L slope [m]	N	[MW/ha]
-4	11,56	0,29	<b>0,41</b>
-2	9,96	0,34	<b>0,48</b>
0	8,75	0,38	<b>0,53</b>
2	7,8	0,43	<b>0,60</b>
4	7,04	0,48	<b>0,67</b>
6	6,41	0,52	<b>0,73</b>
8	5,88	0,57	<b>0,80</b>
10	5,42	0,62	<b>0,87</b>
12	5,03	0,67	<b>0,94</b>
14	4,69	0,72	<b>1,01</b>
16	4,38	0,77	<b>1,08</b>
18	4,11	0,82	<b>1,15</b>
20	3,86	0,87	<b>1,22</b>
22	3,64	0,92	<b>1,29</b>
24	3,43	0,98	<b>1,37</b>
26	3,25	1,04	<b>1,46</b>
28	3,07	1,09	<b>1,53</b>
30	2,91	1,15	<b>1,61</b>

Centrum Inteligentnych Systemów Informatycznych Akademia Gorniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica al. Mickiewicza 30-059 Kraków  
budynek C-2 pokój 426 tel: 12 617 44 53 www.isi.agh.edu.pl isi@agh.edu.pl



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.



25.02.2014

# WARSZTATY FOTOWOLTAICZNE



centrum  
Inteligentnych  
Systemów Informatycznych

## Wpływ nachylenia i ekspozycji

Ekspozycja terenu jest to usytuowanie względem stron świata. Odgrywa w *fotowoltaice* bardzo ważną rolę.

Nachylenie terenu:  $0^\circ - 2^\circ$

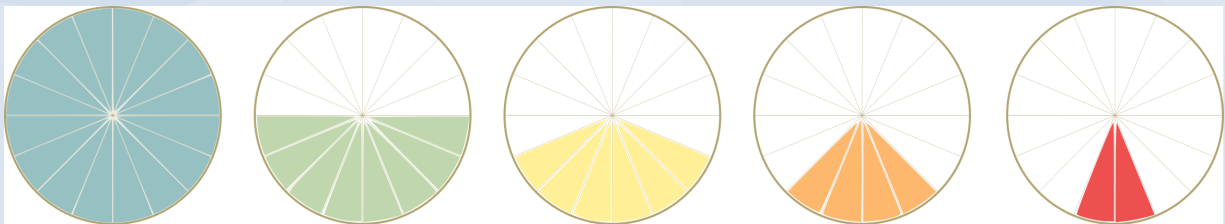
$2^\circ - 4^\circ$

$4^\circ - 13^\circ$

$13^\circ - 20^\circ$

$20^\circ - 36^\circ$

Ekspozycja



Centrum Inteligentnych Systemów Informatycznych Akademia Gorniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica al. Mickiewicza 30-059 Kraków  
budynek C-2 pokój 426 tel: 12 617 44 53 www.isi.agh.edu.pl isi@agh.edu.pl



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.



25.02.2014

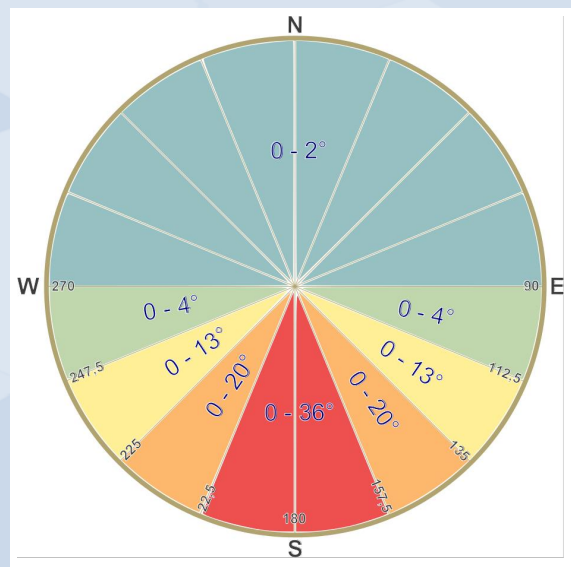
# WARSZTATY FOTOWOLTAICZNE



centrum  
Inteligentnych  
Systemów Informatycznych

## Wpływ nachylenia i ekspozycji

Wraz ze wzrostem nachylenia zmniejszają się możliwości zagospodarowania terenu. Mniej korzystne ekspozycje, to wschodnia i zachodnia a w dalszej części północna.



Centrum Inteligentnych Systemów Informatycznych Akademia Gorniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica al. Mickiewicza 30-059 Kraków  
budynek C-2 pokój 426 tel: 12 617 44 53 www.isi.agh.edu.pl isi@agh.edu.pl



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.



25.02.2014

WARSZTATY FOTOWOLTAICZNE



centrum  
Inteligentnych  
Systemów Informatycznych

## Narzędzia obliczeniowe

**System Informacji Geograficznej (GIS, ang. *Geographic Information System*)** – system informacyjny służący do wprowadzania, gromadzenia, przetwarzania oraz wizualizacji danych geograficznych, którego jedną z funkcji jest wspomaganie procesu decyzyjnego.



Centrum Inteligentnych Systemów Informatycznych Akademia Gorniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica al. Mickiewicza 30-059 Kraków  
budynek C-2 pokój 426 tel.: 12 617 44 53 www.isi.agh.edu.pl isi@agh.edu.pl



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.



25.02.2014

WARSZTATY FOTOWOLTAICZNE



centrum  
Inteligentnych  
Systemów Informatycznych

## Narzędzia obliczeniowe

### Źródła danych:

- **SRTM** – rastrowy numeryczny model terenu o rozdzielczości 80 metrów
- **Numeryczne Dane Wysokosciowe** – przechowywane w Centralnym Ośrodku Dokumentacji Geodezyjnej i Kartograficznej. Dane o rozdzielczości od 5 do 1 m.
- **Ortofotomapa** – zdjęcie lotnicze pozwalające zlokalizować obszary zabudowane, leśne i inne elementy kolizyjne.

Centrum Inteligentnych Systemów Informatycznych Akademia Gorniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica al. Mickiewicza 30-059 Kraków  
budynek C-2 pokój 426 tel.: 12 617 44 53 www.isi.agh.edu.pl isi@agh.edu.pl



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.



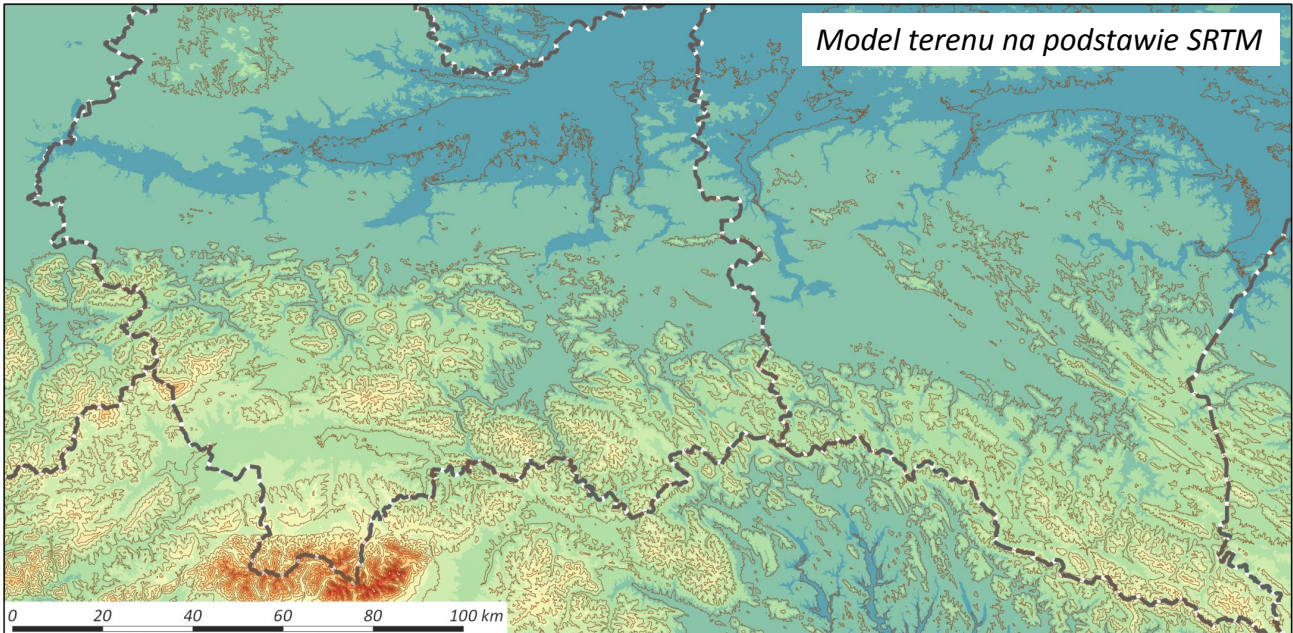


25.02.2014

# WARSZTATY FOTOWOLTAICZNE



**centrum**  
Inteligentnych  
Systemów Informatycznych



Centrum Inteligentnych Systemów Informatycznych Akademia Gorniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica al. Mickiewicza 30-059 Kraków  
budynek C-2 pokój 426 tel.: 12 617 44 53 [www.isi.agh.edu.pl](http://www.isi.agh.edu.pl) [isi@agh.edu.pl](mailto:isi@agh.edu.pl)



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.

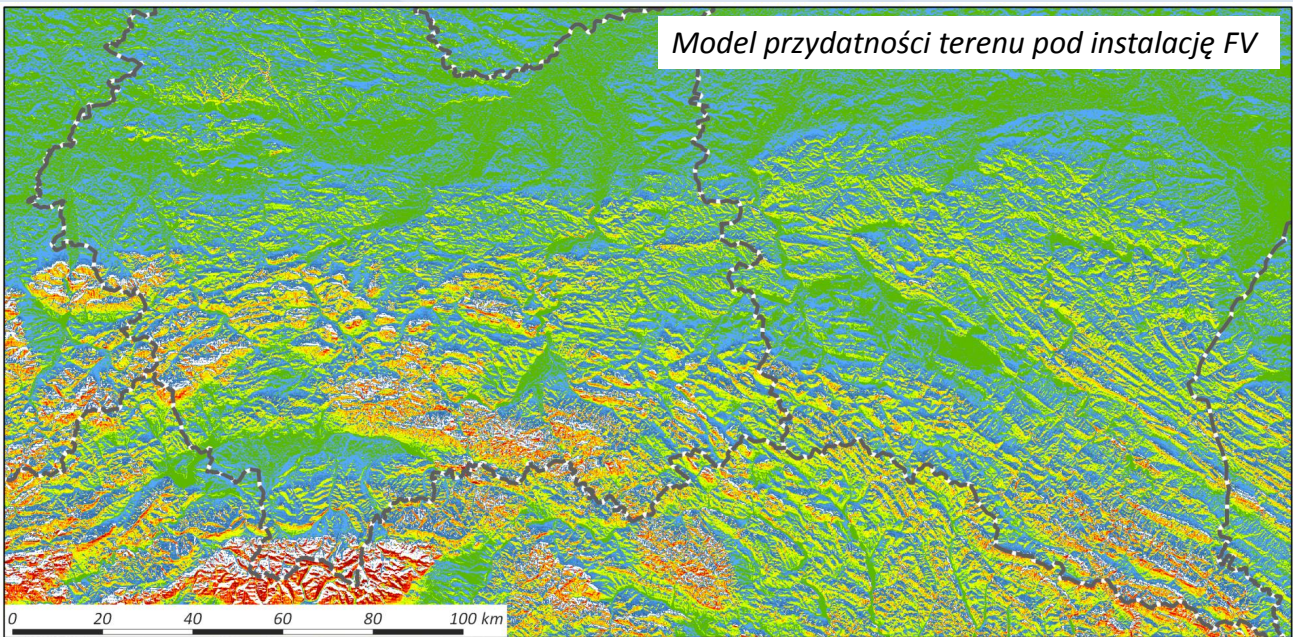


25.02.2014

# WARSZTATY FOTOWOLTAICZNE



**centrum**  
Inteligentnych  
Systemów Informatycznych



Centrum Inteligentnych Systemów Informatycznych Akademia Gorniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica al. Mickiewicza 30-059 Kraków  
budynek C-2 pokój 426 tel.: 12 617 44 53 [www.isi.agh.edu.pl](http://www.isi.agh.edu.pl) [isi@agh.edu.pl](mailto:isi@agh.edu.pl)



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.



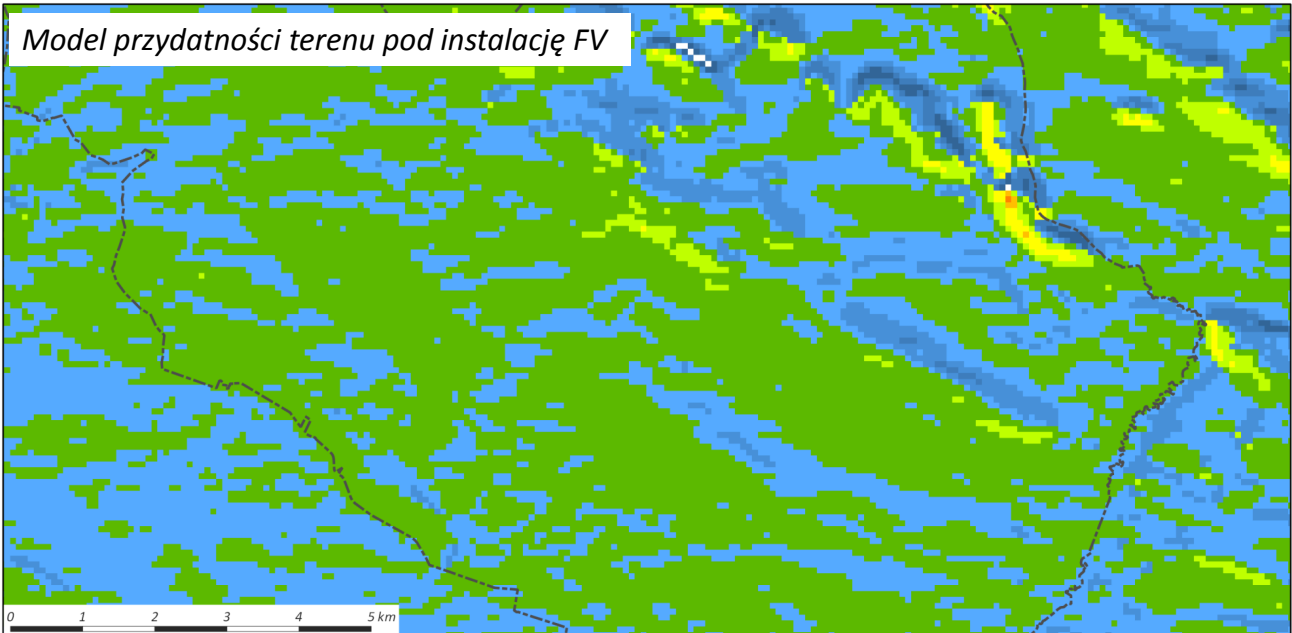
25.02.2014

# WARSZTATY FOTOWOLTAICZNE



**centrum**  
Inteligentnych  
Systemów Informatycznych

## Model przydatności terenu pod instalację FV



Centrum Inteligentnych Systemów Informatycznych Akademia Gorniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica al. Mickiewicza 30-059 Kraków  
budynek C-2 pokój 426 tel: 12 617 44 53 www.isi.agh.edu.pl isi@agh.edu.pl



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.



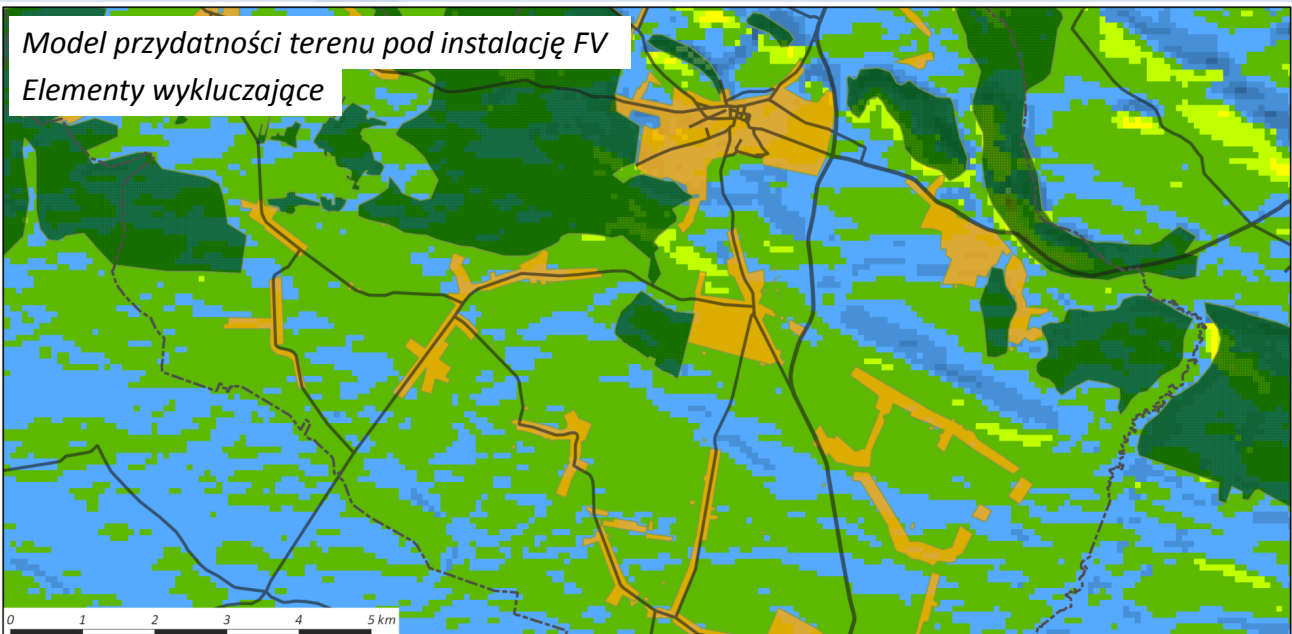
25.02.2014

# WARSZTATY FOTOWOLTAICZNE



**centrum**  
Inteligentnych  
Systemów Informatycznych

## Model przydatności terenu pod instalację FV Elementy wykluczające



Centrum Inteligentnych Systemów Informatycznych Akademia Gorniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica al. Mickiewicza 30-059 Kraków  
budynek C-2 pokój 426 tel: 12 617 44 53 www.isi.agh.edu.pl isi@agh.edu.pl



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.

# WARSZTATY FOTOWOLTAICZNE

25.02.2014

Dziękuję za uwagę



Centrum Inteligentnych Systemów Informatycznych Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica al. Mickiewicza 30-059 Kraków  
budynek C-2 pokój 426 tel: 12 617 44 53 [www.isi.agh.edu.pl](http://www.isi.agh.edu.pl) [isi@agh.edu.pl](mailto:isi@agh.edu.pl)



Projekt współfinansowany ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego.