



**Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią
Polskiej Akademii Nauk**

**Wsparcie procesu podejmowania decyzji
w przedsiębiorstwach energetycznych
z wykorzystaniem modelowania matematycznego**

Pracownia Ekonomiki Energetyki

Prof. dr hab. inż. Jacek Kamiński — Kierownik Pracowni

Dr inż. Przemysław Kaszyński

Dr inż. Pablo Benalcazar

Dr inż. Marcin Malec



Profil i kluczowe kompetencje

2 / 14

Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Polskiej Akademii Nauk

- Jednostka **naukowo-badawcza** specjalizująca się w analizach systemów paliwowo-energetycznych
- Kompleksowe i interdyscyplinarne podejście do **rozwiązywania problemów decyzyjnych**

Pracownia Ekonomiki Energetyki (PEE)

Kluczowe kompetencje

- Budowa narzędzi do wsparcia procesu podejmowania decyzji w przedsiębiorstwach paliwowo-energetycznych
- Opracowanie strategii rozwoju przedsiębiorstw
- Optymalizacja systemów paliwowo-energetycznych
- Analizy i prognozy rynków paliw i energii
- Analizy ekonomiczne projektów inwestycyjnych (deterministyczne, stochastyczne)
- Analizy ekonomiczno-techniczno-regulacyjne przedsięwzięć energetycznych i górniczych

Współpraca Pracowni Ekonomiki Energetyki (PEE)





Wybrane problemy decyzyjne w przedsiębiorstwach paliwowo-energetycznych

3 / 14

➤ **Decyzje inwestycyjne i dezinwestycyjne:**

- Wybór technologii/paliwa/instalacji redukcji emisji (jaka technologia?)
 - Zakres inwestycji (ile mocy?)
 - Rok rozpoczęcia inwestycji (kiedy oddać do eksploatacji?)
 - Rok odstawienia jednostki wytwórczej (kiedy wyłączyć?)
 - Optymalizacja remontów (kiedy remontować? w jakim zakresie?)
- ltd.

➤ **Decyzje produkcyjne:**

- Wolumen produkcji energii elektrycznej/ciepła (które bloki? jaki wolumen?)
 - Wykorzystywane paliwo (jakie źródło energii pierwotnej?)
 - Czas pracy/postoju (kiedy on-line/off-line?)
- ltd.

➤ **Decyzje zakupowe:**

- Zapotrzebowanie na paliwa (jakie paliwo? jaki wolumen? kiedy?)
 - Dobór paliw (cena? jakość? koszt transportu?)
 - Wybór dostawcy i wolumenu dostaw węgla (od kogo? jaki wolumen? kiedy?)
- ltd.



Wybrane problemy decyzyjne w przedsiębiorstwach energetycznych

4 / 14

➤ **Decyzje lokalizacyjne w obszarze gospodarki magazynowej:**

- Liczba magazynów (ile magazynów utrzymywać?)
- Zakres inwestycji/dezinvestycji (gdzie utrzymać/zamknąć/otworzyć?)
- Logistyka dostaw (czym? w jaki sposób?)

ltd.

➤ **Decyzje w zakresie obsługi sieci (ciepłowniczej, wodociągowej, gazowniczej):**

- Harmonogramy obsługi sieci (kiedy? jak często?)
- Rekomendacje kompetencyjne (kto? w jaki sposób?)
- Logistyka obsługi sieci (czym? w jaki sposób?)

ltd.

➤ **Decyzje w zakresie minimalnej etatyzacji do obsługi sieci:**

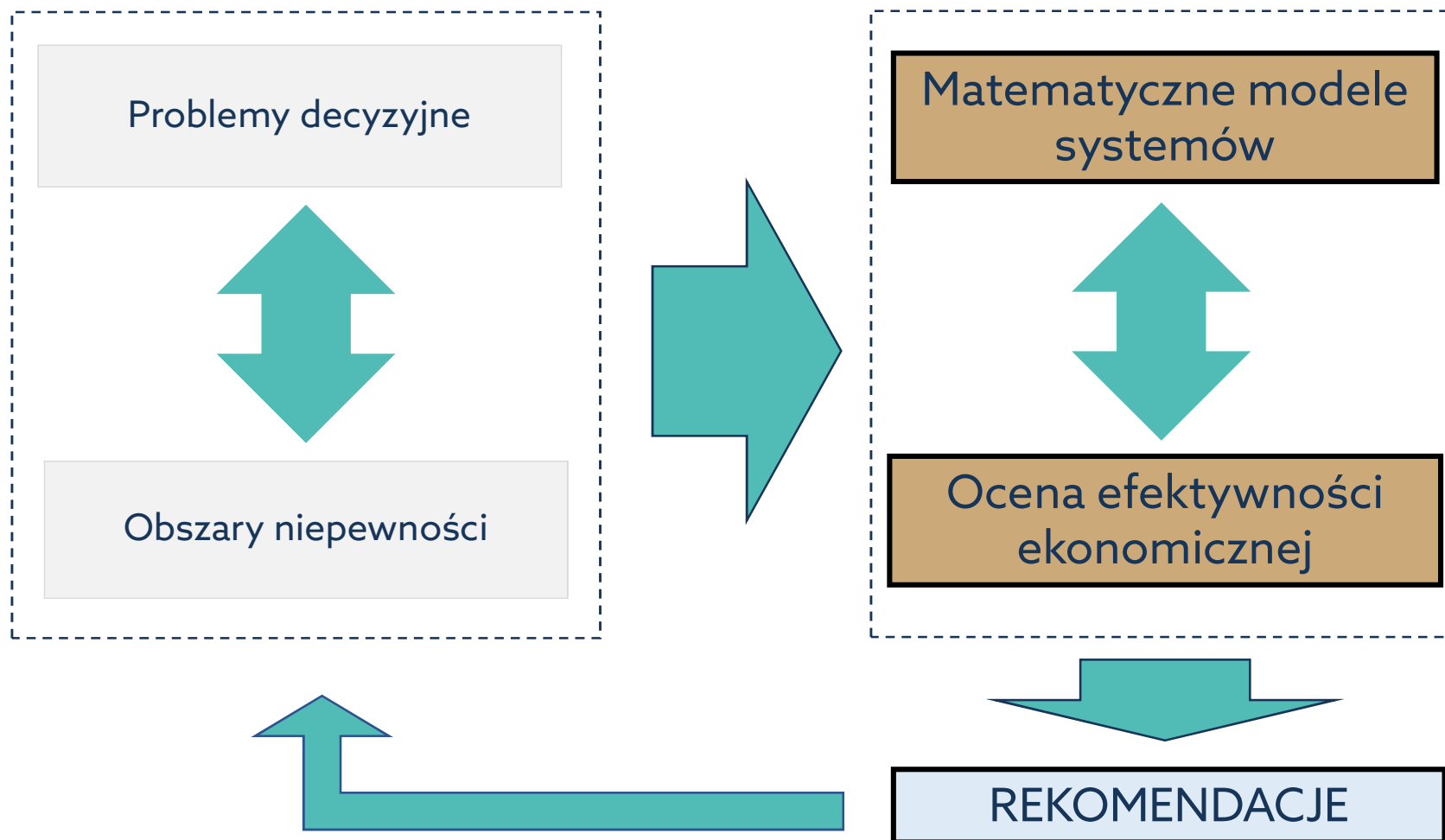
- Identyfikacja procesów (jakie procesy? kto?)
- Czas pracy (w jakim czasie?)
- Zatrudnienie (ilu pracowników?)

ltd.



Obszary niepewności → Problemy decyzyjne
→ Modele matematyczne → Rekomendacje

5 / 14





Matematyczne modele optymalizacyjne

6 / 14

- **Model** – odwzorowanie systemu rzeczywistego, który jest opisany za pomocą elementów oraz występujących między nimi relacji, w stopniu adekwatnym do planowanego zastosowania modelu
- **Model matematyczny** – relacje zapisane z wykorzystaniem formuł matematycznych
- **Model optymalizacyjny**
 - Układ równań i nierówności
 - Funkcja celu (minimalizowana lub maksymalizowana)
- **System modelowania** – General Algebraic Modelling System (GAMS)
- **Solver CPLEX** – Simplex Primal/Dual, Interior Point Algorithm, Lagrange Multipliers
- **Zalety stosowanej metodyki:**
 - Analizy, których nie da się przeprowadzić w **systemie rzeczywistym**
 - Możliwość **szybszej i tańszej** analizy **wariantów/scenariuszy** (skutków podjęcia określonych decyzji)
 - Analiza problemów decyzyjnych o **wysokim stopniu złożoności** (zależności między elementami systemu)
 - Możliwość **adaptacji** do nowych problemów



Opracowane narzędzia (modele) wspomagające procesy decyzyjne

7 / 14

**Długoterminowy model
krajowego systemu
wytwarzania energii
elektrycznej
(horyzont: 2050)**

- **Decyzje inwestycyjne i dezinwestycyjne**
- Identyfikacja atrakcyjnych opcji inwestycyjnych
- Perspektywy rozwoju energetyki i ciepłownictwa
 - Miksy paliwowo-technologiczne
- Koszty/ceny energii elektrycznej i/lub ciepła
 - Zapotrzebowanie na paliwa dla energetyki/ciepłownictwa

**Krótkoterminowy model
krajowego systemu
wytwarzania energii
elektrycznej
(horyzont: 1 dzień / tydzień)**

- **Decyzje produkcyjne i sprzedażowe
na rynku energii elektrycznej**
- Uwzględnienie wpływu na ceny źródeł wiatrowych, fotowoltaicznych, etc.
- Uwzględnienie odstawień/remontów JWCD
- Koszty krańcowe / ceny energii elektrycznej w rozdzielczości godzinowej (model fundamentalny, techniczno-ekonomiczny)



Długoterminowy model systemu ciepłowniczego w regionie X

- **Decyzje inwestycyjne i dezinwestycyjne**
 - Skutki przyłączenia nowych odbiorców oraz odłączenia istniejących
- Analizy techniczno-ekonomiczne inwestycji w budowę nowych odcinków sieci („spinki” etc.)
- Koszty/ceny produkcji i dystrybucji ciepła
 - Identyfikacja wąskich gardeł

Krótkoterminowy model systemu ciepłowniczego w regionie X

- **Decyzje produkcyjne w zakresie wytwarzania ciepła i energii elektrycznej**
 - Optymalizacja wytwarzania ciepła z uwzględnieniem uwarunkowań sieciowych przesyłu
- Uwzględnienie zmienności cen energii elektrycznej
- Uwzględnienie zmian temperatury zewnętrznej
 - Rozdzielczość godzinowa



Model optymalizujący logistykę i gospodarkę magazynową

- **Decyzje w zakresie lokalizacji magazynów i ich przypisania do obsługi poszczególnych regionów**
 - Uwzględnienie kosztów stałych i zmiennych funkcjonowania magazynów
 - Optymalizacja tras transportowych
 - Wyznaczenie magazynów do likwidacji
 - Uwzględnienie limitu czasowego dostaw

Model optymalizujący dobór i rozmieszczenie urządzeń drukujących

- **Decyzje w zakresie doboru, lokalizacji i obciążenia urządzeń drukujących w danym przedsiębiorstwie**
- Uwzględnienie kosztów zakupu, eksploatacji i zużycia energii urządzeń drukujących
 - Uwzględnienie odległości stanowisk pracy od urządzeń drukujących
 - Ograniczenia dopuszczalnego rozmiaru urządzenia i miejsca instalacji
 - Minimalizacja kosztów związanych z realizacją wydruków w przedsiębiorstwie



Model optymalizujący etatyzację przedsiębiorstwa

- **Decyzje w zakresie doboru pracowników do wykonania zadań realizowanych w organizacji**
- Uwzględnienie kompetencji, czasu przeznaczonego na wykonanie zadań, czasu wykonania zadania, kosztów płac, okresów urlopowych etc.
- Przepisanie zadań do wykonania pracownikom
- Minimalizacja kosztów wykonania wszystkich zadań w organizacji

Model optymalizacji pozyskania węgla kamiennego przez przedsiębiorstwo przemysłowe (elektrownia, elektrociepłownia, koksownia, huta, etc.)

- **Decyzje zakupowe w zakresie pozyskania (zakup i transportu) węgla kamiennego**
- Uwzględnienie konkretnych wymogów jakościowych parametrów węgla (Q, A, S, Hg, Cl, etc.)
 - Optymalny wybór źródła dostaw węgla do poszczególnych zakładów wytwórczych (elektrownie/ciepłownie/huty/koksownie, etc.)



Realizowane projekty B+R ROEV

11 /14

- **Konsorcjum projektu:** TwinIO Energy Sp. z o. o. (*firma prywatna*) oraz Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energia PAN (*jednostka naukowa*).

TwinIOEnergy



- Projekt współfinansowany przez UE w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego (Program Operacyjny Inteligentny Rozwój 2014–2020). Konkurs zorganizowany przez **Narodowe Centrum Badań i Rozwoju** (1/1.1.1/2021 – Szybka ścieżka). Numer grantu: POIR.01.01.01-00-0855/21.

Główny cel projektu:

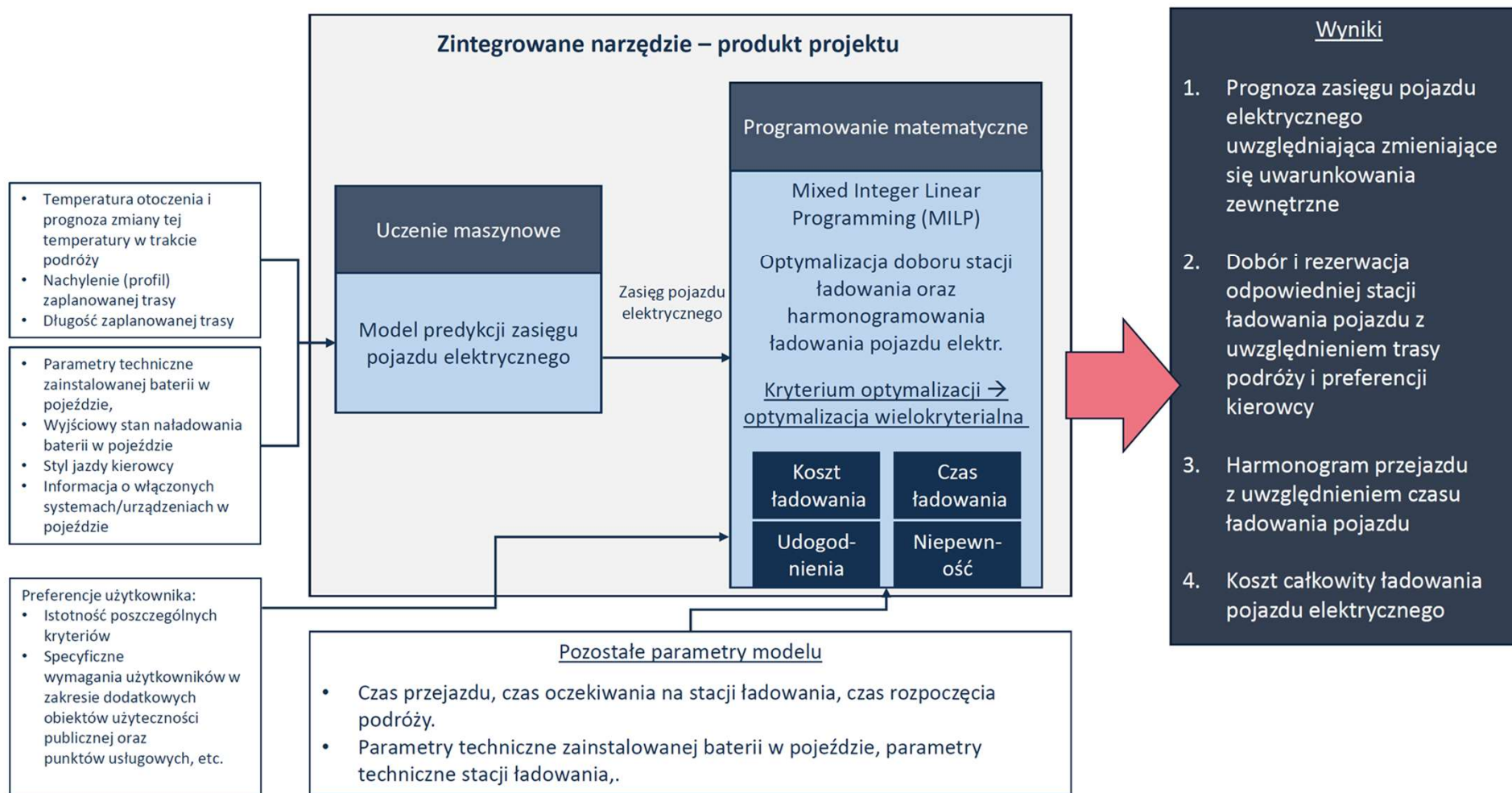
- Opracowanie zautomatyzowanego narzędzia wspierającego proces decyzyjny kierowców w zakresie wyboru stacji ładowania samochodu elektrycznego w trasie. Narzędzie bazuje na integracji dwóch metod badawczych: programowania matematycznego (optymalizacja) oraz uczenia maszynowego (prognozowanie). Wdrożenie produktu będzie odpowiedzią na rosnące zapotrzebowanie rynku na usługi niezbędne do efektywnego wykorzystania samochodów elektrycznych.





Realizowane projekty B+R ROEV

12 / 14





Realizowane projekty B+R GRID

13 /14

- **Konsorcjum projektu:** TwinIO Energy Sp. z o. o. (*firma prywatna*) oraz Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energia PAN (*jednostka naukowa*).

TwinIOEnergy



- Projekt współfinansowany przez UE w ramach Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego (Program Operacyjny Inteligently Rozwój 2014–2020). Konkurs zorganizowany przez **Narodowe Centrum Badań i Rozwoju** (1/1.1.1/2021 – Szybka ścieżka). Numer grantu: POIR.01.01.01-00-0709/21.

Główny cel projektu:

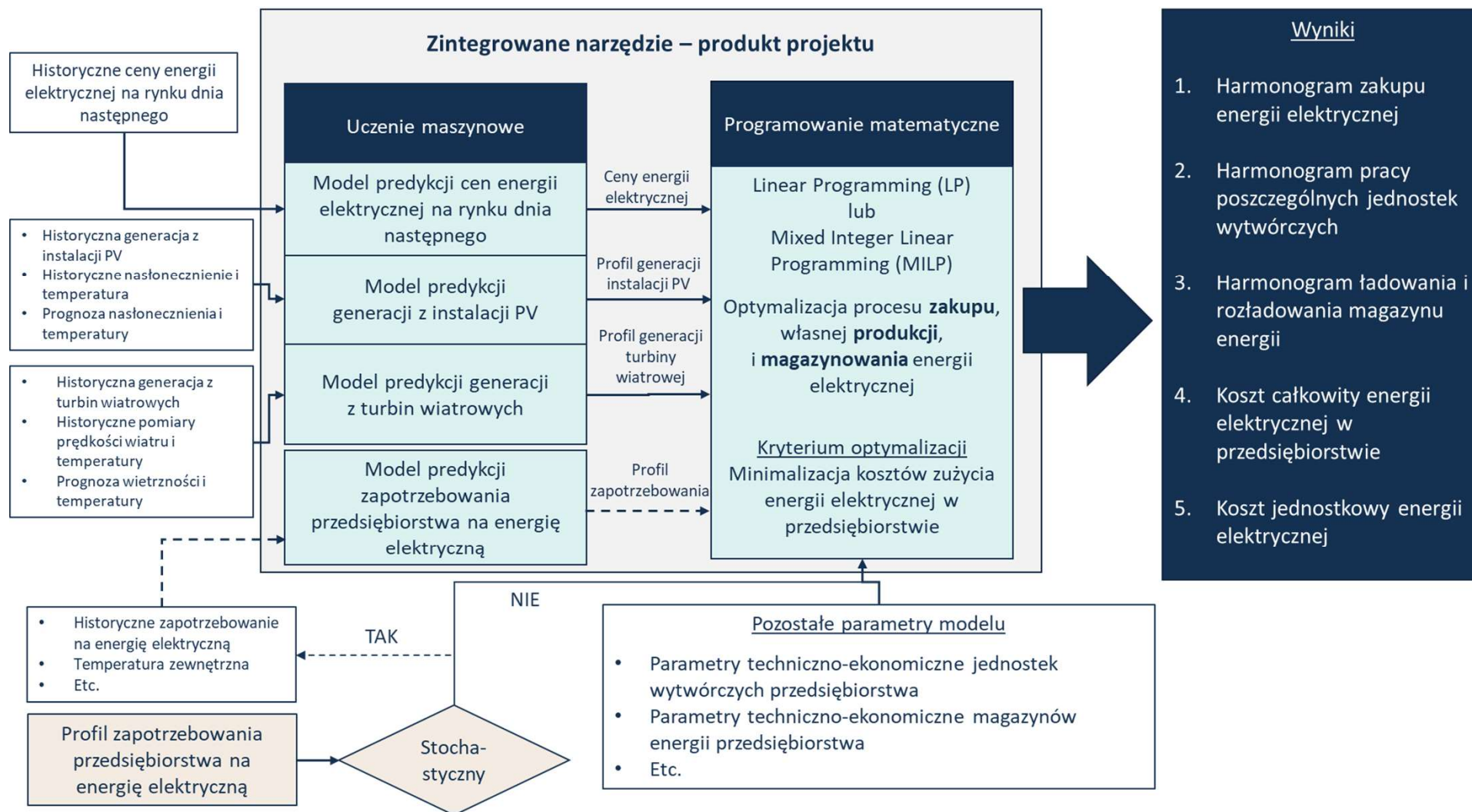
- Celem projektu jest przeprowadzenie prac B+R, w efekcie których zostanie opracowane narzędzie (produkt) umożliwiające przedsiębiorstwom optymalizację procesu zakupu, własnej produkcji i magazynowania energii, przyjmując jako kryterium optymalizacji minimalizację kosztów pozyskania energii. Narzędzie będzie bazować na integracji dwóch metod: uczenia maszynowego (prognozowanie) i programowania matematycznego (optymalizacja). Narzędzie umożliwi generowanie optymalnych harmonogramów w zdefiniowanym horyzoncie prognozy.





Realizowane projekty B+R GRID

14 /14



**Wsparcie procesu podejmowania decyzji
w przedsiębiorstwach energetycznych
z wykorzystaniem modelowania matematycznego**



**Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN
Pracownia Ekonomiki Energetyki**