

SIMBAT

SYMULATOR BATERII KOKSOWNICZEJ

Model CFD komory koksowniczej wybrane zastosowania opracowanego modelu

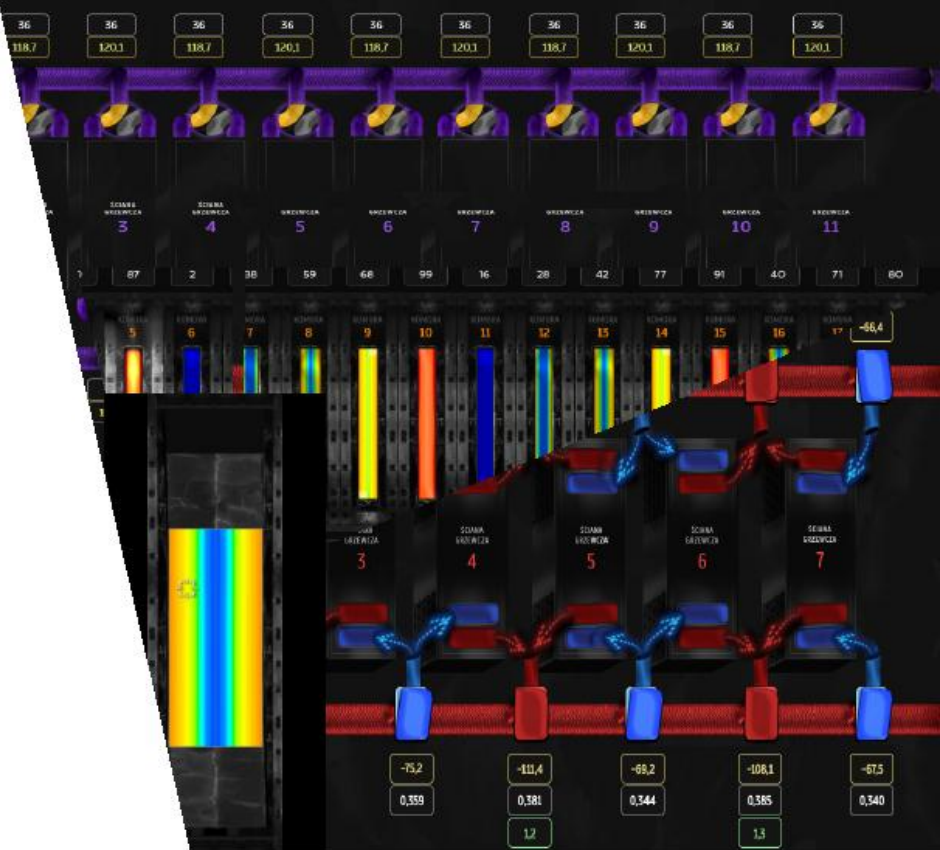
dr inż. Łukasz Słupik,
dr inż. Ludwik Kosyrczyk



**INSTITUTE FOR CHEMICAL
PROCESSING OF COAL**

PLAN PREZENTACJI

1. Wstęp
2. Cele pracy
3. Struktura modelu
4. Eksperymenty i pomiary
5. Rezultaty wybranych symulacji
6. Wybrane zastosowania modelu:
 - 6.1 Bateria dwuproduktowa
 - 6.2 Model sprzężony baterii PWR-63
 - 6.3 Symulator pracy baterii koksowniczej
7. Podsumowanie i wnioski



SIMBAT
BATTERY SIMULATOR

1. Wstęp



Project co-ordinated by
the Institute of Chemical Processing of Coal
in Zabrze, Poland



Smart Coke Plant based on the best
available technology (BAT)

2007-2014

<http://www.inteligentna-koksownia.pl>

Praca w projekcie „Inteligentna Koksownia” (IK) w temacie 5.3 -
"Zintegrowany system nadrzędnego sterowania pracą baterii
koksowniczej na poziomach: technicznym, technologicznym i
ekologicznym,,

1. Wstęp

1955

- Millard D.J –model 1D.

1977

- **Witos J.** – badania eksperymentalne oraz modelowe. Wyłącznie przewodzenie ciepła, pominięto model odgazowania.

1981

- **Postrzednik S.**– „Analiza termodynamiczna procesu odgazowania paliw stałych”.

1983

- Merrick D. – cykl artykułów dot. : przepływ ciepła, odgazowanie, zstępczych własności materiałowych wsadu węglowego. Efekty energetyczne, walidacja modelu ?

1993

- Osinski – model 2D komory zintegrowany z kanałem grzewczym, problemy z symulacją warstwy plastycznej, walidacja.

2003 -
2004

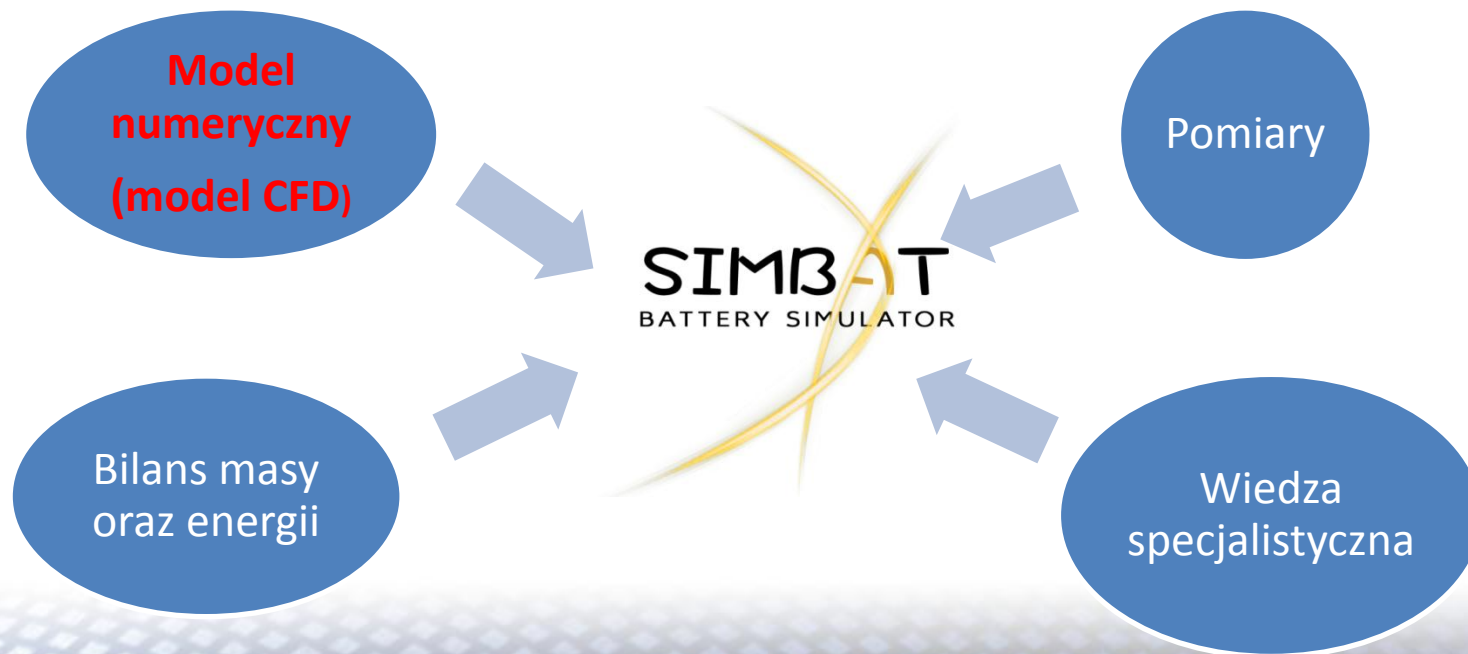
- Tang, Kim – pierwsze próby modelowania procesu koksowania za pomocą kodu CFD.

2012

- Zhang A.Q - uproszczony model sprzężony komory koksowniczej oraz kanału grzewczego. Uproszczenia w modelu wymiany ciepła dla wsadu węglowego. Niedostateczna walidacja modelu

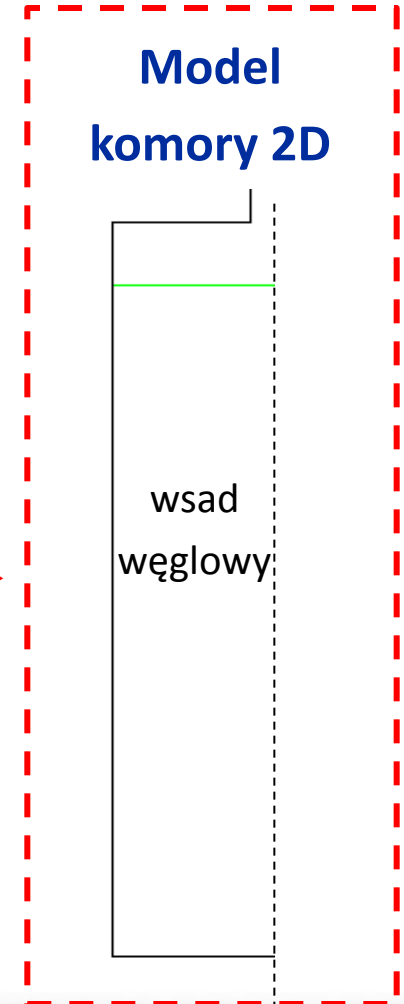
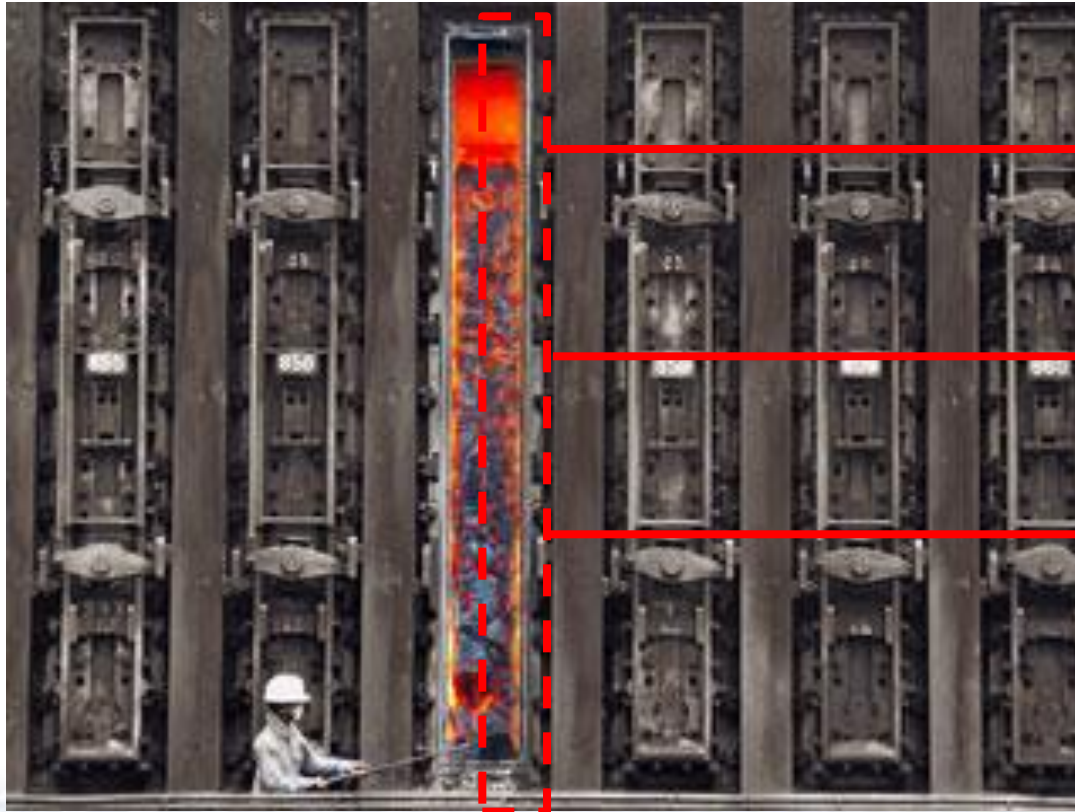
2. Cele pracy

1. Budowa modelu matematycznego procesu koksowania w oparciu o metody obliczeniowe komputerowej mechaniki płynów.
2. Eksperymentalne wyznaczenie krzywych sorpcji dla węgla.
3. Walidacja modelu w oparciu o pomiary eksperymentalne.
4. Wykorzystanie wyników obliczeń modelu sprzężonego do symulatora pracy baterii koksowniczej.



3. Struktura modelu: założenia

- Przedmiotem modelowania jest pojedyncza komora koksownicza,
- model obejmuje połowę komory,
- model komory jest dwuwymiarowy 2D,



3. Struktura modelu: założenia

- wsad węglowy traktowany jest jako ośrodek porowaty,
- na początku procesu gazem wypełniającym pory jest powietrze, które następnie jest miesza się z powstającą parą wodną oraz uwalnianymi z węgla w procesie pirolizy substancjami lotnymi, przepływ gazów jest laminarny,
- mieszanina gazowa i ziarna wsadu znajdują się w równowadze termicznej,
- w komorze ma miejsce wymiana ciepła na drodze: przewodzenia, konwekcji oraz promieniowania,
- w komorze występuje odparowanie oraz skraplanie pary wodnej,
- kinetyka uwalniania substancji lotnych jest opisana za pomocą modelu Arrcheniusa
- odparowaniu wilgoci, skraplaniu pary oraz uwalnianiu substancji lotnych towarzyszą efekty cieplne.

3. Struktura modelu: równania

Równanie ciągłości dla mieszaniny gazowej

Równanie momentów dla gazu

Równanie energii

Równanie transportu dla substancji wchodzących w skład mieszaniny

model turbulencji $k-\varepsilon$

Równanie bilansu wilgoci

User Defined Functions (UDF)

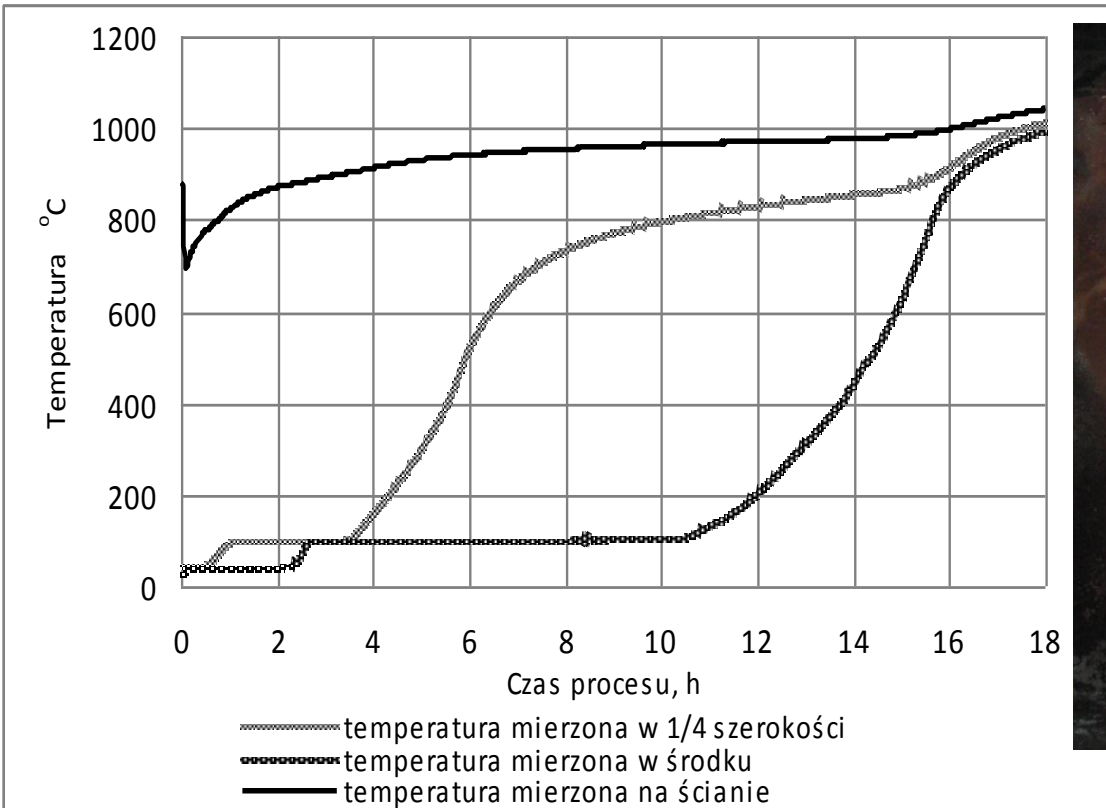
1. Ł. Słupik, A. Fic, Z. Buliński, A.J. Nowak, L. Kosyrczyk. *CFD model of the coal carbonization process*, Fuel, 2015.

2. J. Smołka, A. Fic, A. J. Nowak, L. Kosyrczyk. *3-D periodic CFD model of the heating system in a coke oven battery*, International Journal of Numerical Methods for Heat and Fluid Flow, 24 (2014), pp. 891-906.

4. Eksperymenty i pomiary

Centre de Pyrolyse de Marienau (CPM) - Francja

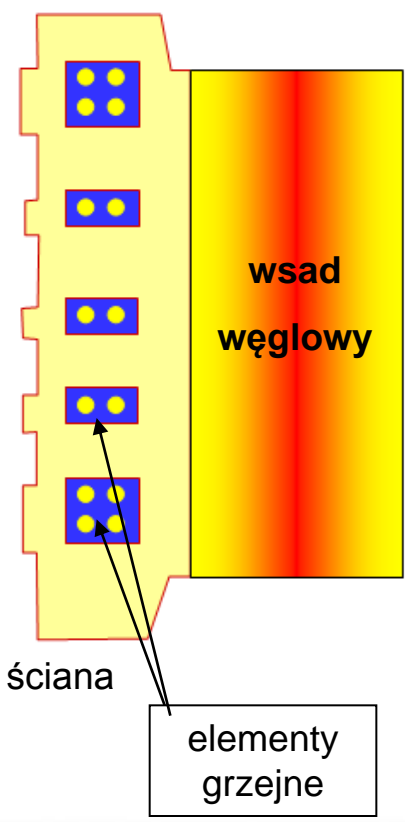
Zmiana temp. wewnątrz komory



wnętrze komory

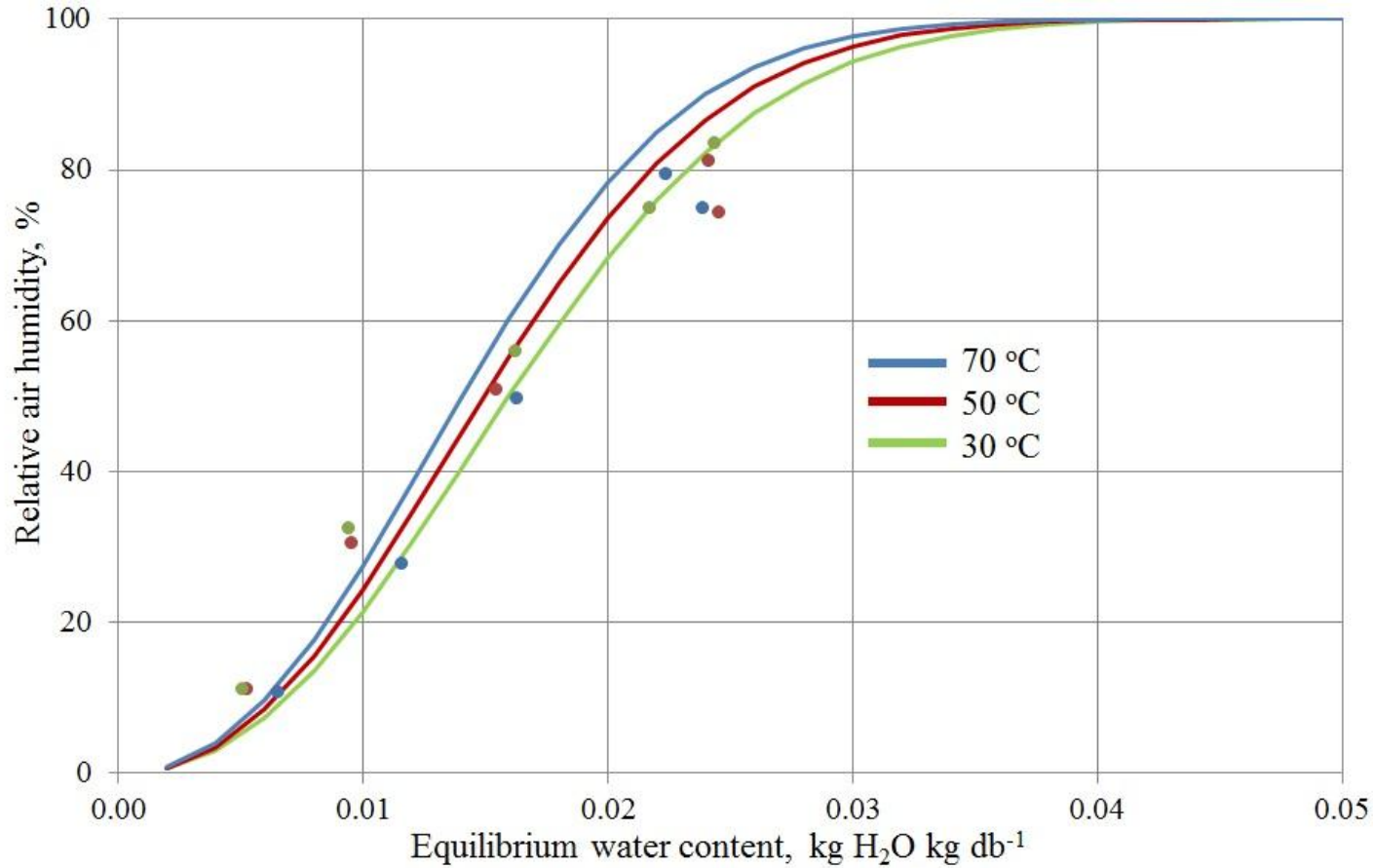


budowa ściany grzewczej



4. Eksperymenty i pomiary

$$\varphi = 1 - \exp \left[-0,015 \left(\frac{X}{0,039} \right)^{2,3} \left(\frac{T}{323} \right)^{2,25} \right]$$

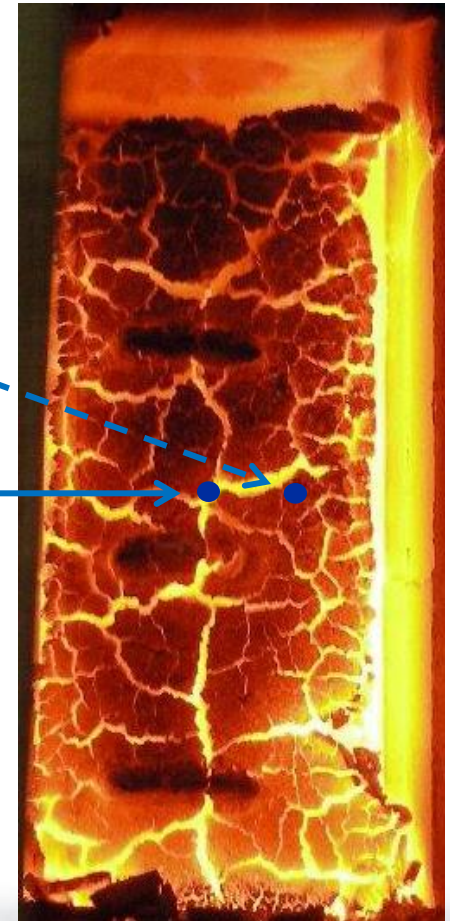
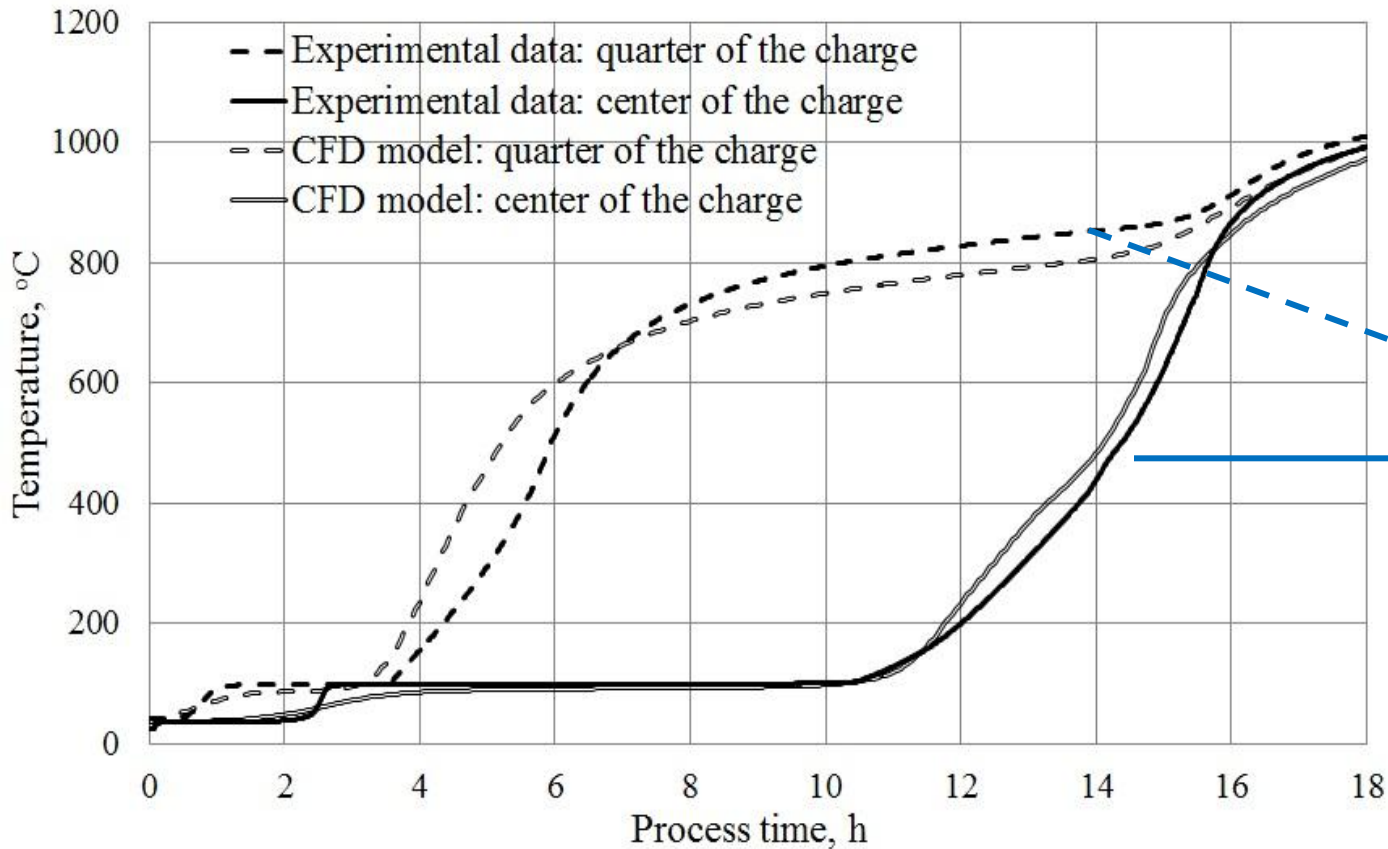


5. Rezultaty wybranych symulacji

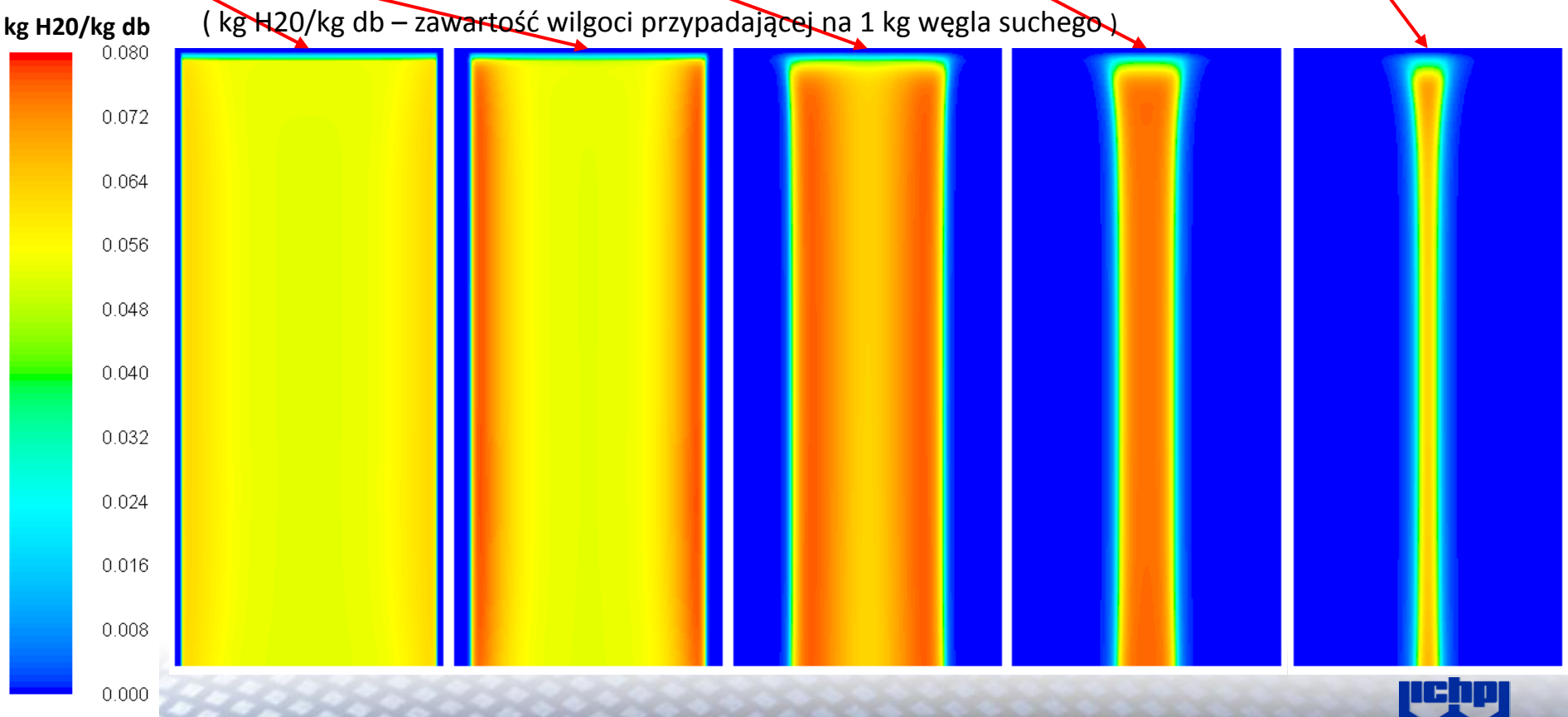
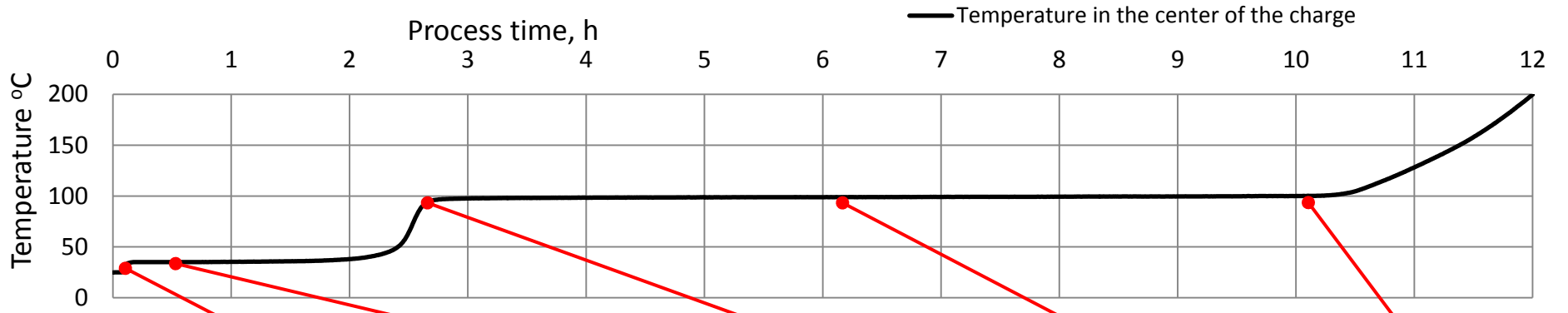
Szczegóły eksperymentu:

Walidacja w oparciu o pomiary przeprowadzone w **Centre de Pyrolyse de Marienau (CPM)**.

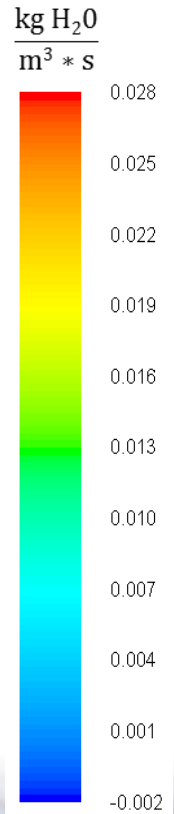
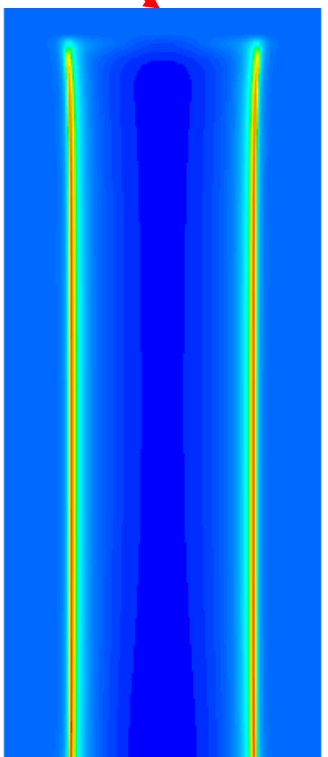
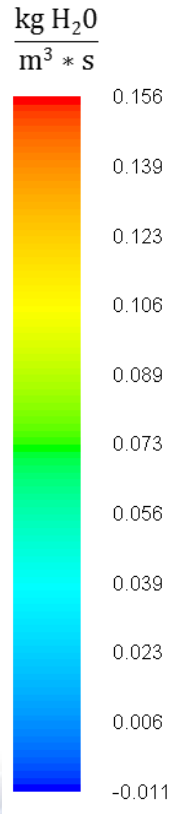
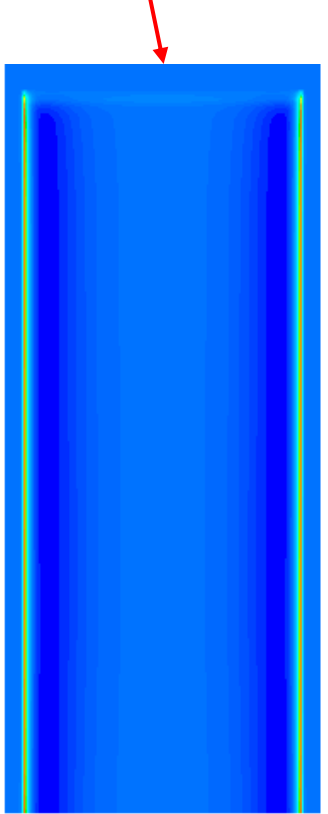
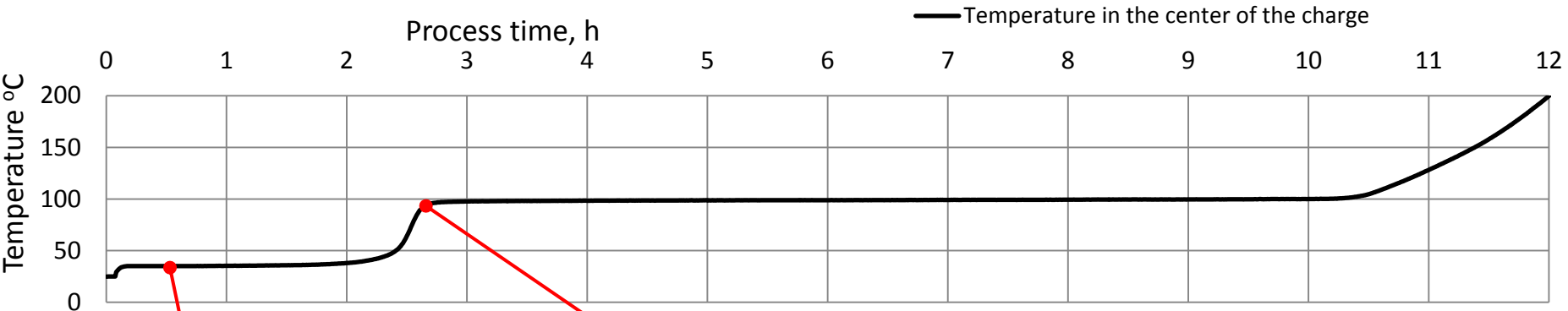
- zawartość części lotnych= 26%
- zawartość wody= 5%
- masa wsadu = 400 kg
- ściany ogrzewane elektrycznie
- szerokość komory= 465 mm



5. Rezultaty wybranych symulacji: odparowanie wilgoci



5. Rezultaty wybranych symulacji: odparowanie wilgoci



odparowanie

Model Hertz'a – Knudsen'a

$$\dot{m}_{H_2O} = 2C_{mt} (1-\gamma) \sqrt{\frac{M_{H_2O}}{2\pi R}} \frac{P_{eq} - P_v}{\sqrt{T}}$$

równanie dyfuzji wilgoci

$$\frac{\partial X}{\partial t} = \nabla \cdot (D_m \nabla X) - \frac{\dot{m}_{H_2O}}{(1-\gamma) \rho_{ws}}$$



skraplanie



5. Rezultaty wybranych symulacji:

a) odgazowanie, b) warstwa plastyczna, c) przepływ gazu

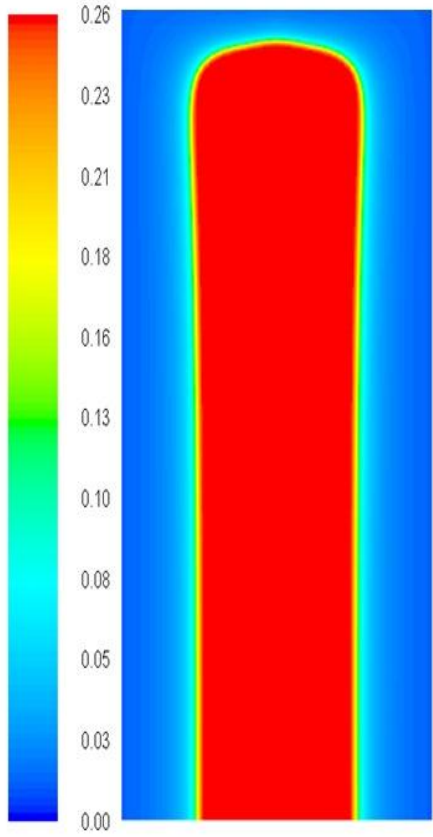
Process time:

5 h

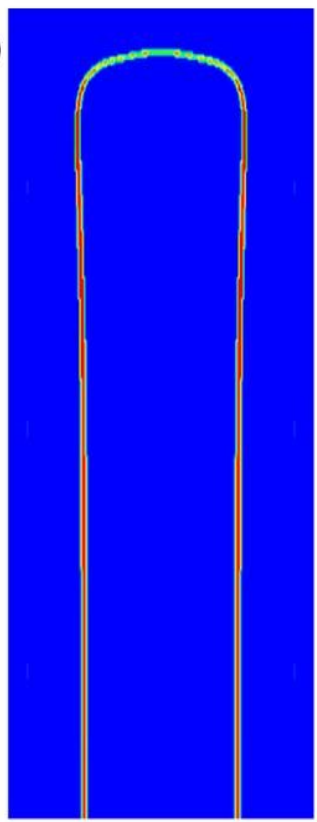
5 h

17 h

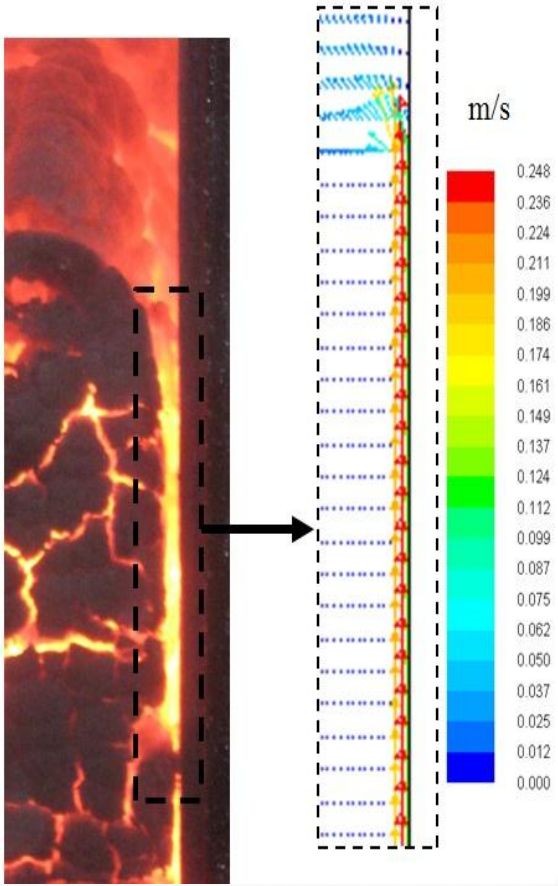
a)



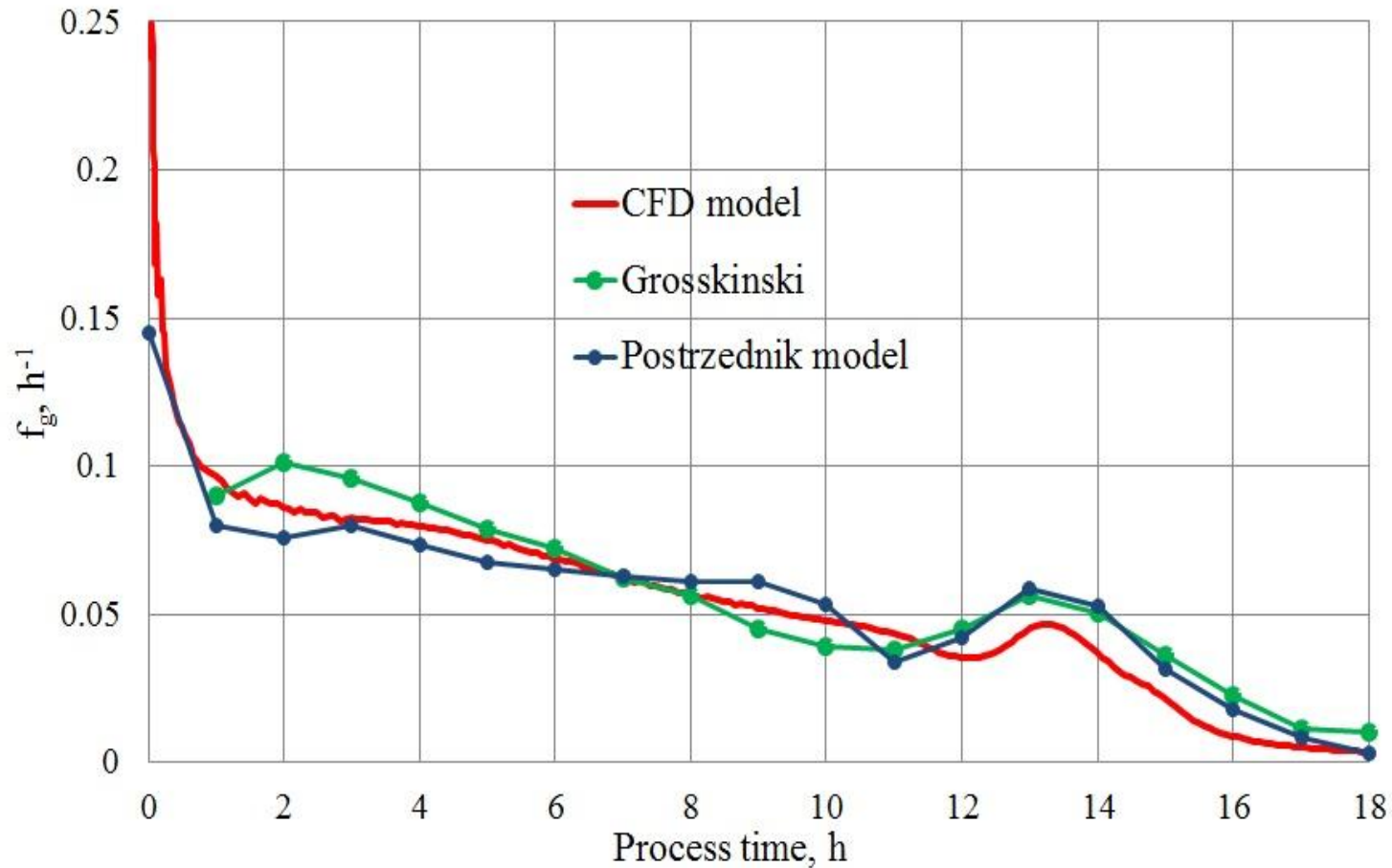
b)



c)



5. Rezultaty wybranych symulacji: wydzielanie gazu

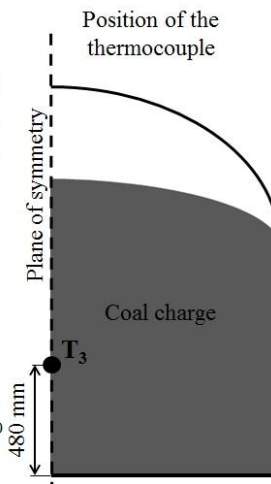
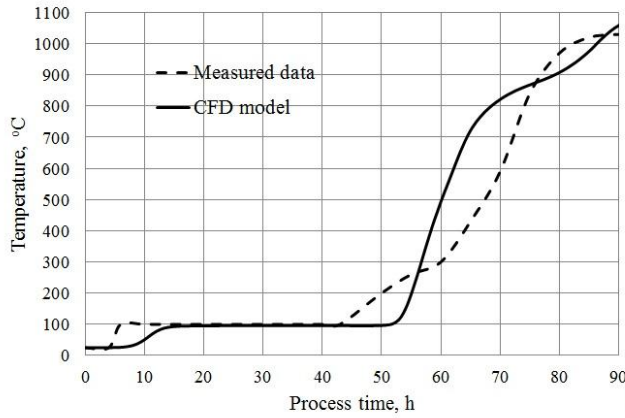
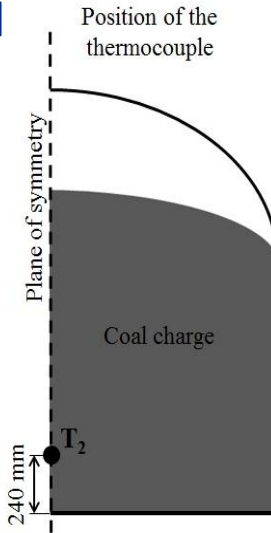
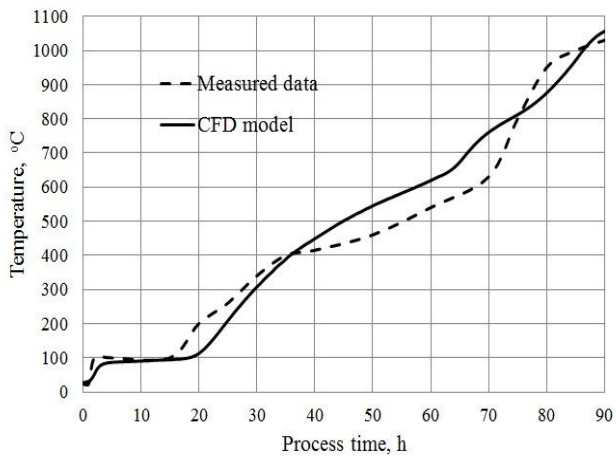
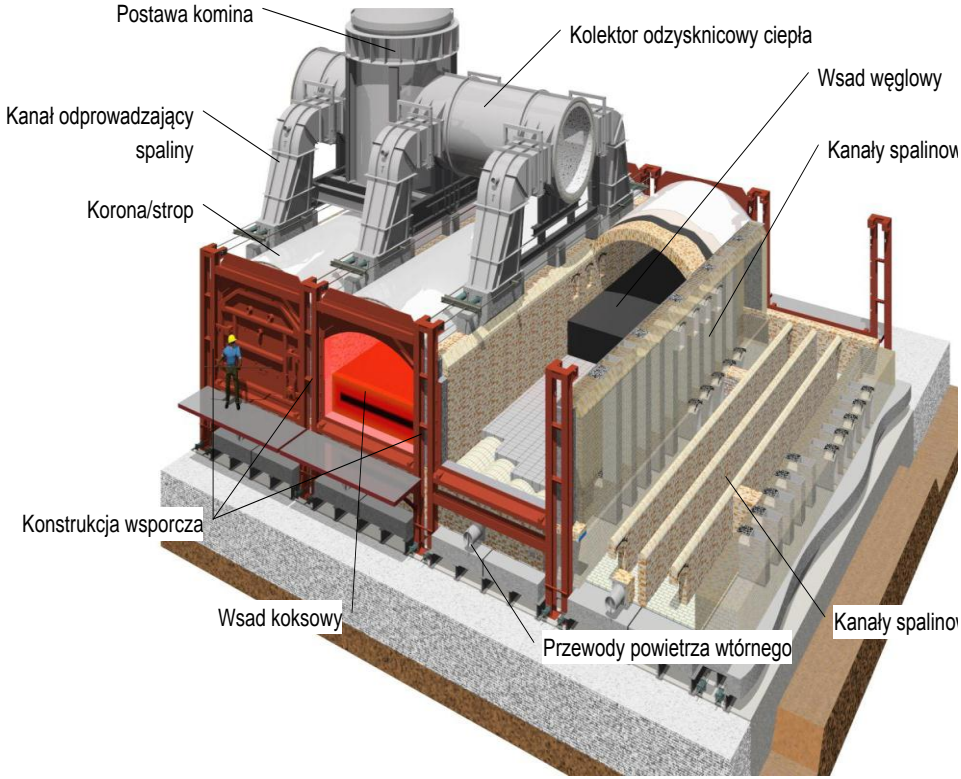


f_g – jednostkowy strumień masowy gazu, h^{-1}

6. Wybrane zastosowania opracowanego modelu

6.1. Bateria dwuproduktowa

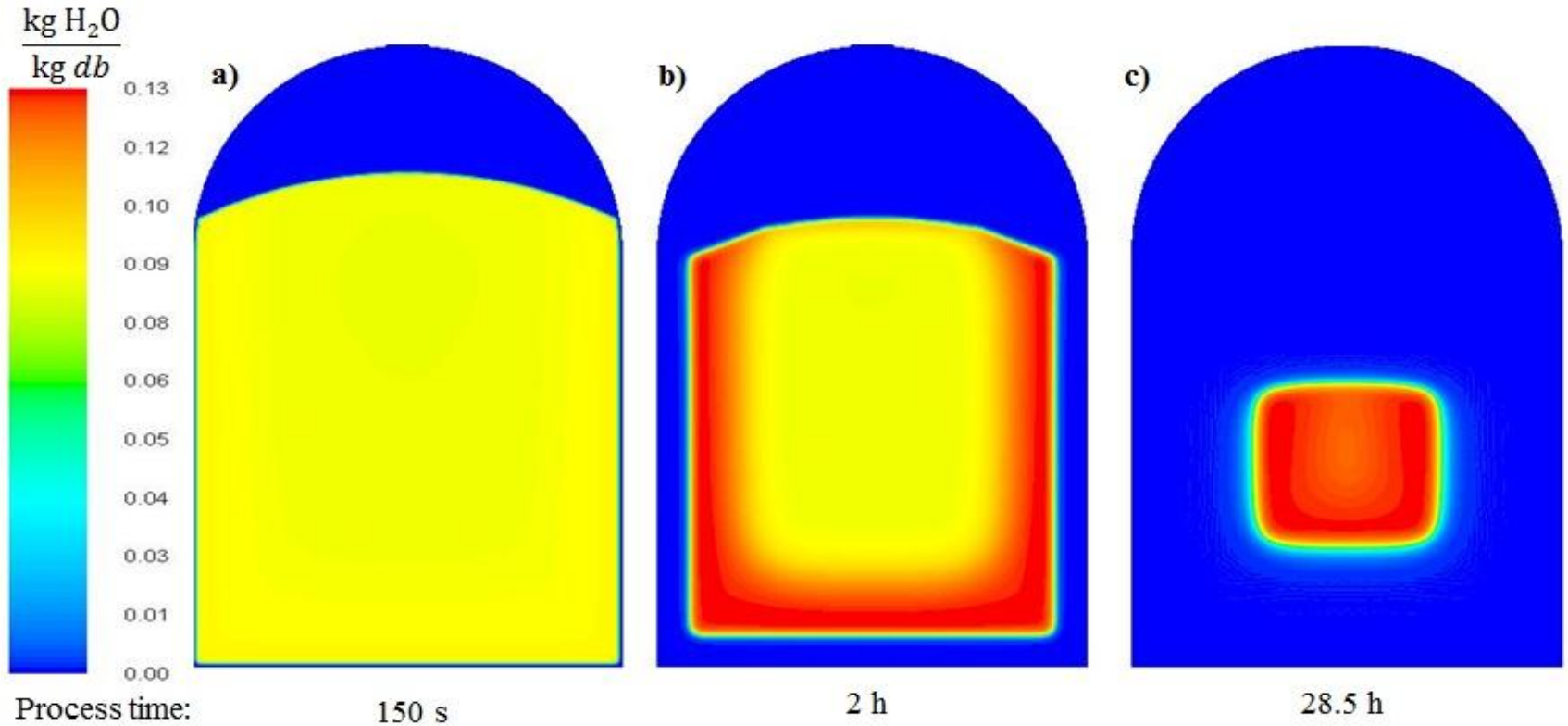
Walidacja modelu



6. Wybrane zastosowania opracowanego modelu

6.1. Bateria dwuproduktowa

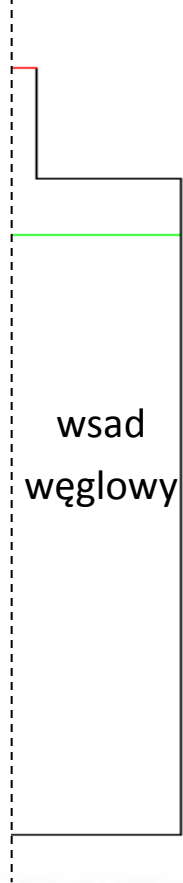
Odparowanie wilgoci



6. Wybrane zastosowania opracowanego modelu

6.2. Model sprzężony baterii PWR-63

Model 2D komory
koksowniczej



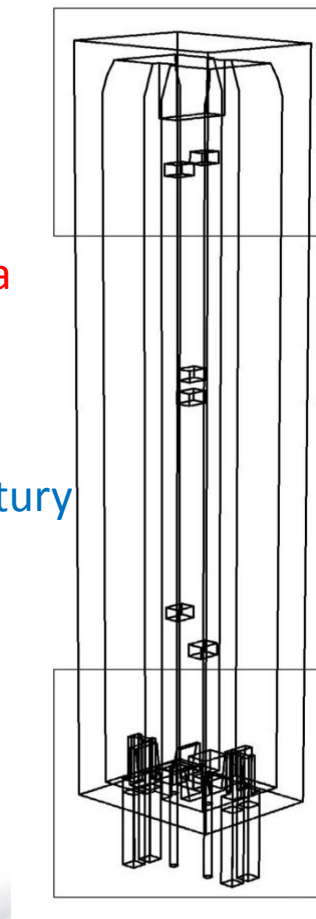
Profil – gęstości
strumienia ciepła



Profil - temperatury



Model 3D
kanału grzewczego



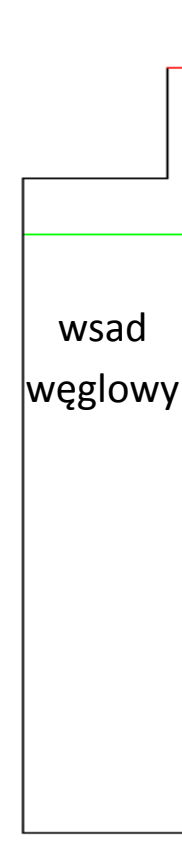
Profil – gęstości
strumienia ciepła



Profil - temperatury

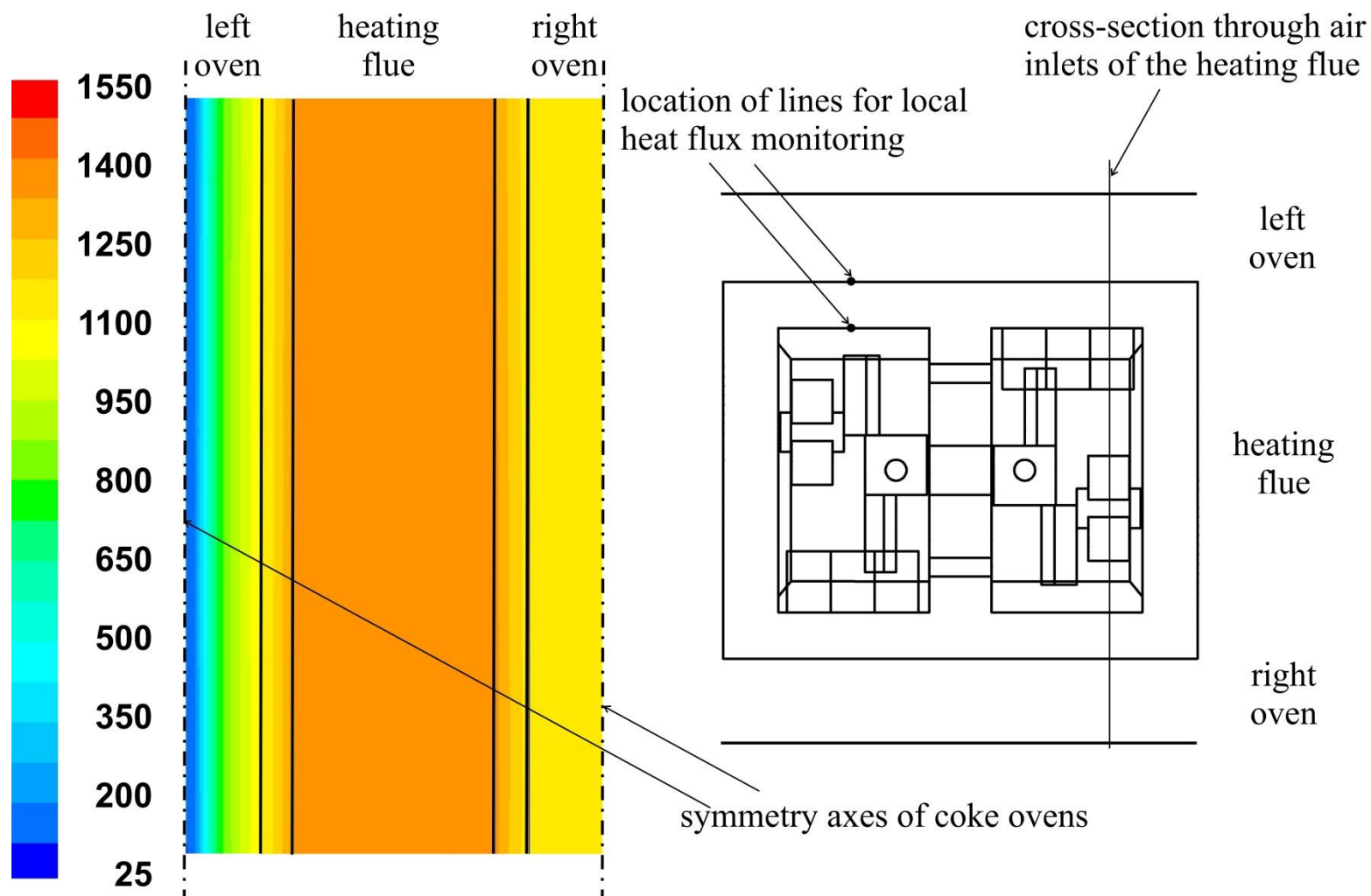


Model 2D komory
koksowniczej



6. Wybrane zastosowania opracowanego modelu

6.2. Model sprzężony baterii PWR-63



6. Wybrane zastosowania opracowanego modelu

6.3. Symulator pracy baterii koksowniczej



SIMBAT
SYMULATOR BATERII KOKSOWNICZEJ

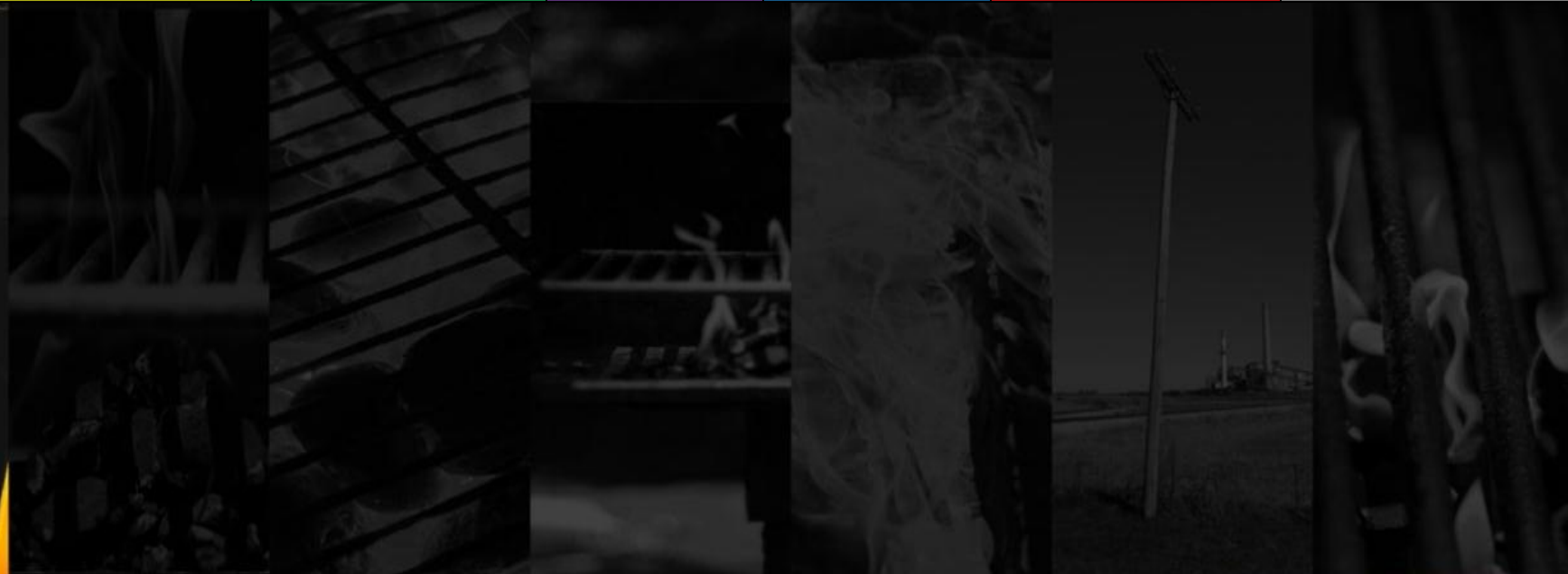
START

 INTELIGENTNA
KOKSOWNIA

 INNOWACYJNA
GOSPODARKA
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

 UChP
INSTYTUT CHEMICZNEJ
PRZERÓBKI WĘGLA

WSAD **WSAD** HARMONOGRAM TEMPERATURY GAZ **GAZ** POWIETRZE/SPALINY SYMULACJE



POWRÓT DO OKNA STARTOWEGO

PARAMETRY ŚCIANY GRZEWCZEJ

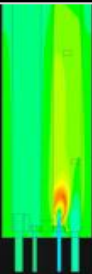
PARAMETRY KOMORY

PARAMETRY ŚCIANY GRZEWCZEJ

POLE MOŁOWEJ ZAWARTOŚCI TLENU

POLE PRĘDKOŚCI GAZU

POLE MOŁOWEJ ZAWARTOŚCI TLENU



POLE TEMPERATURY

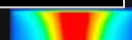
OZNACZ:

POLE TEMPERATURY

POLE ZAWARTOŚCI GOCI

POLE GRUBOŚCI WARSTWY PLASTYCZNEJ

POLE ZAWARTOŚCI KOWITYCH CZĘŚCI LOTNYCH



1470 °C

1120 °C

293 °C

WYBIERZ SZCZEGÓŁOWE PARAMETRY, Z KTÓRYMI CHCESZ SIĘ ZAPOZNAĆ:

POLE TEMPERATURY

POLE PRĘDKOŚCI GAZU

POLE MOŁOWEJ ZAWARTOŚCI TLENU

REGENERATORY

WYBIERZ SZCZEGÓŁOWE PARAMETRY, Z KTÓRYMI CHCESZ SIĘ ZAPOZNAĆ:

TEMPERATURY

PIEC NUMER

5

PRZEJDŹ DO POPRZEDNIEGO PIECA

PRZEJDŹ DO KOLEJNEGO PIECA

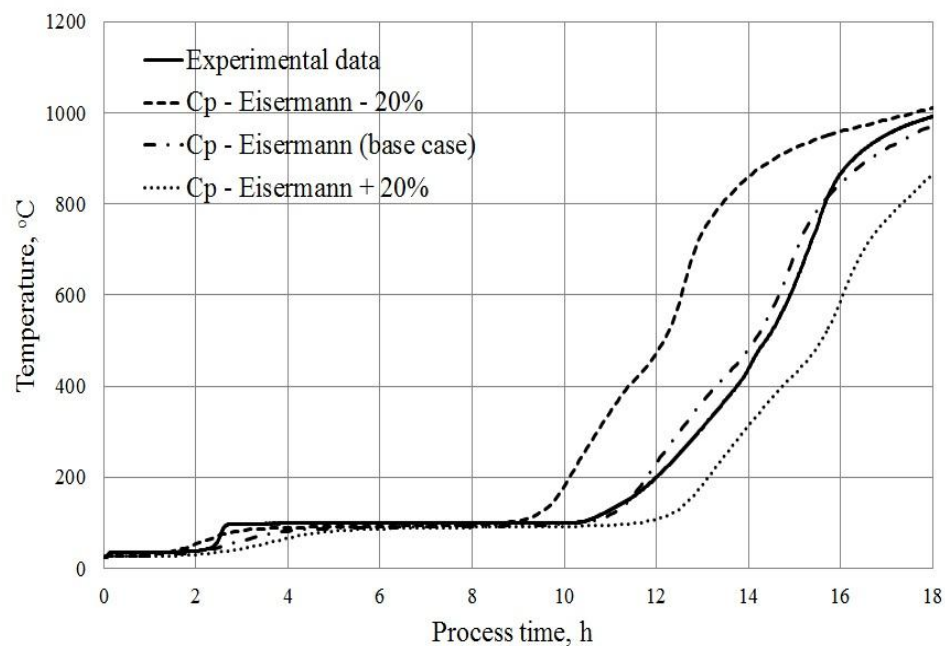


TEMPERATURA

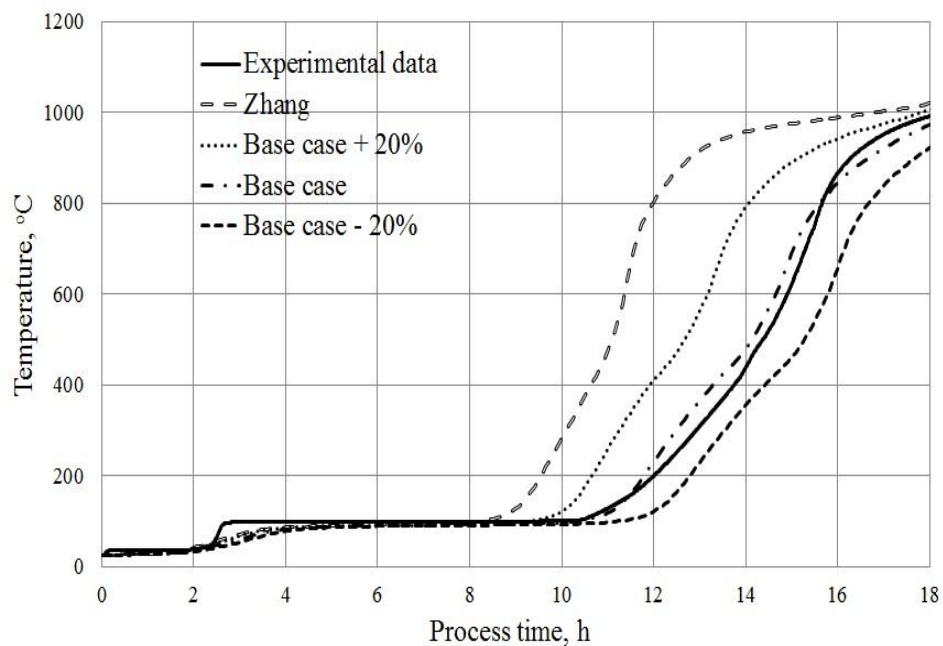
7. Podsumowanie i wnioski

- Wrażliwość modelu komory.

Pojemność cieplna wsadu węglowego



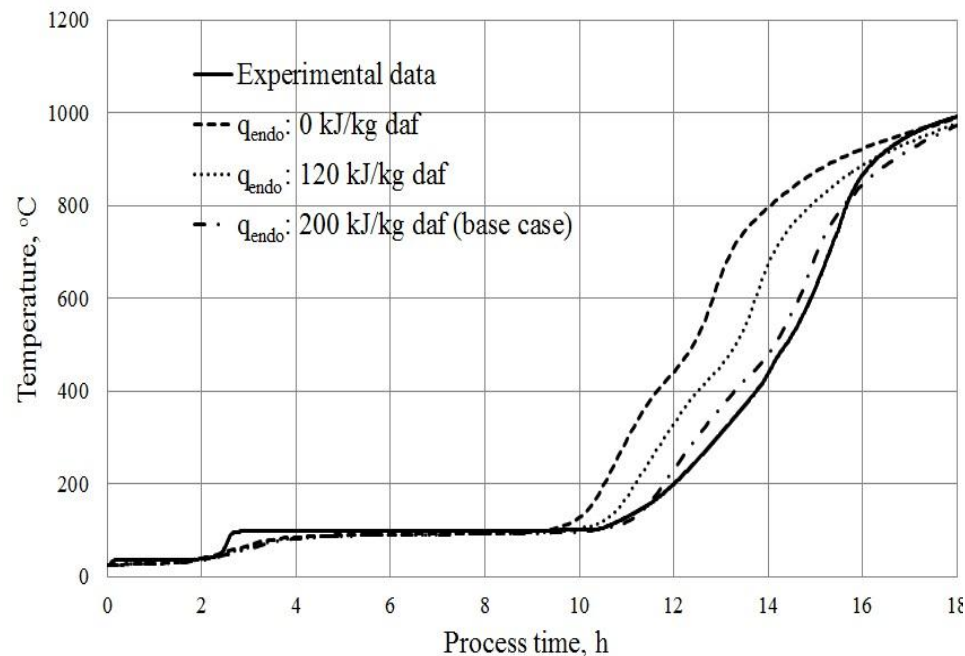
Przewodność cieplna wsadu węglowego



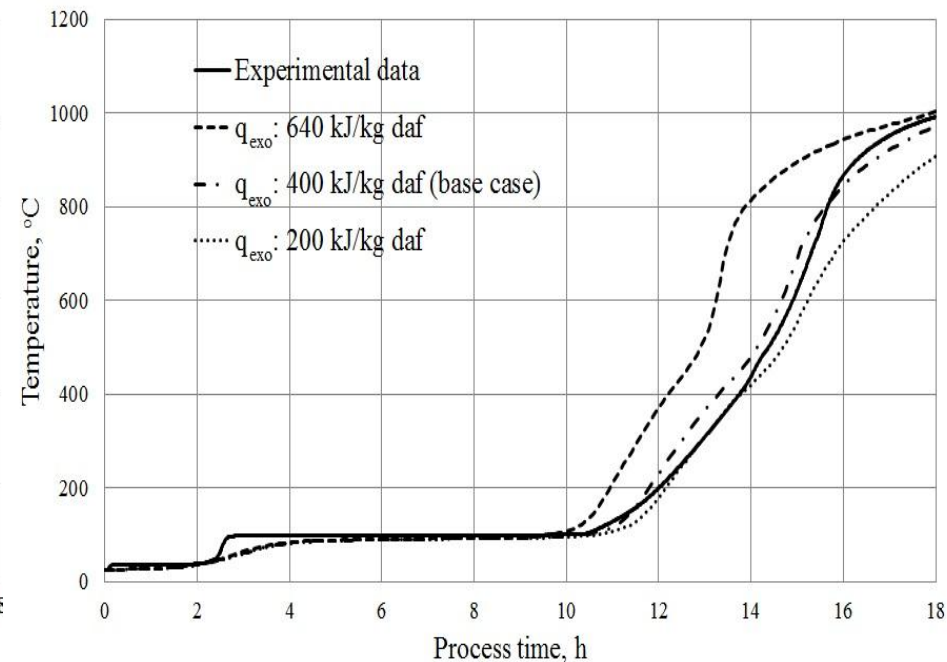
7. Podsumowanie i wnioski

- Wpływ efektów endotermicznych i egzotermicznych na przebieg procesu koksowania.

Efekty endotermiczne

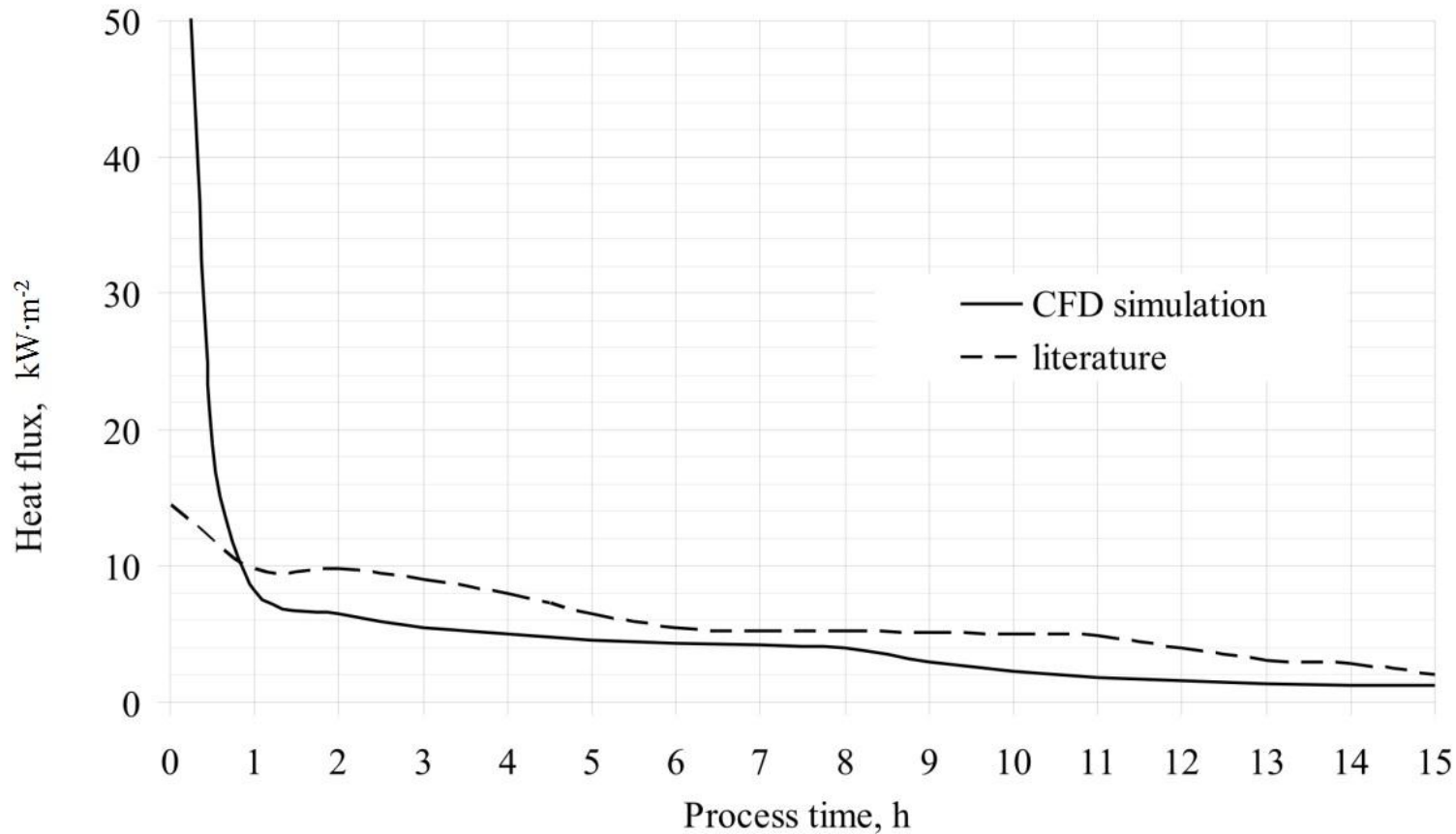


Efekty egzotermiczne



7. Podsumowanie i wnioski

- Przepływ ciepła pomiędzy kanałem grzewczym a komorą koksowniczą.



7. Podsumowanie i wnioski

- Prezentowane modele opisują w zadowalający sposób procesy ciepłno-przepływowe w komorze koksowniczej.
- Modele zweryfikowano w oparciu o pomiary eksperymentalne oraz dane literaturowe.
- Efekt tworzenia się szczeliny przyściennej można pominąć podczas symulacji procesu koksowania.
- Symulator baterii koksowniczej **SIMBAT**: program komercyjny, szkolenia pracowników koksowni, badania modelowe oraz porównawcze.

INSTYTUT CHEMICZNEJ PRZERÓBKI WĘGLA

(Institute For Chemical Processing Of Coal)
Zamkowa St. 1; 41-803 Zabrze, Poland

Phone: **+48 32 271 00 41**
Fax: **+48 32 271 08 09**

E-mail: **office@ichpw.zabrze.pl**
Internet: **www.ichpw.zabrze.pl**

Tax ID No. (NIP): **648-000-87-65**
Nat. Business Reg. No. (REGON): **000025945**



CENTRE FOR LABORATORY RESEARCH
Office **+48 32 271 00 41 ext. 139**
Centre Director **+48 32 271 00 41 ext. 113**
e-mail: **cba@ichpw.zabrze.pl**



CENTRE FOR TECHNOLOGICAL RESEARCH
Office **+48 32 271 00 41 ext. 188**
Centre Director **+48 32 271 00 41 ext. 143**
e-mail: **cit@ichpw.zabrze.pl**