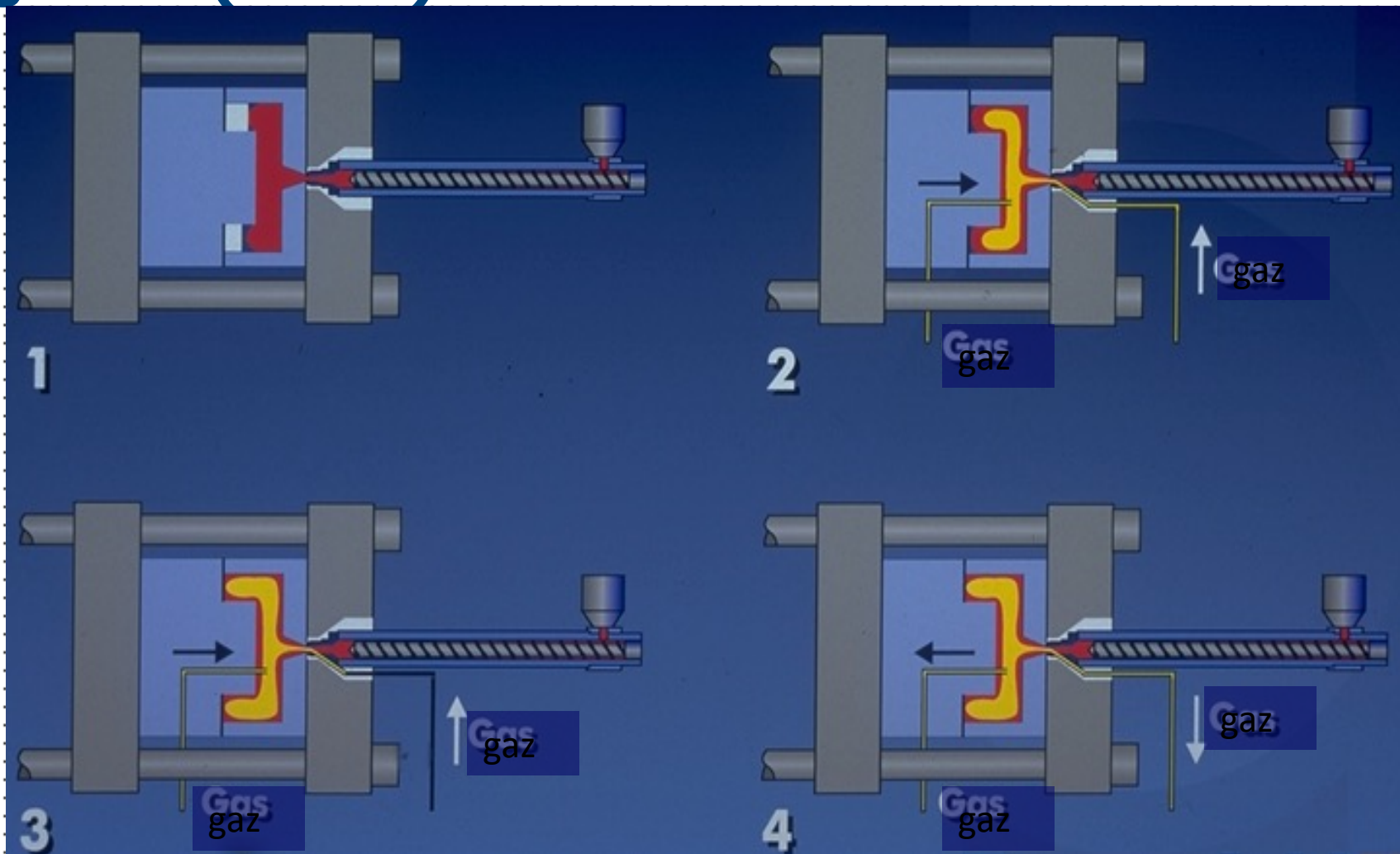


Wtryskiwanie tworzyw z gazem - symulacja komputerowa a rzeczywistość

Maciej Heneczkowski

mhen@prz.edu.pl

Schemat systemu wtrysku wspomaganego gazem (GAIM): Airmould®



1. wtrysk tworzywa
2. wtrysk gazu
3. faza docisku
4. ewentualny dodatkowy wtrysk tworzywa

Bottenfeld

Wtrysk wspomagany gazem (GAIM)

BATTENFELD
Water Injection Technology

AQUAMOULD®



Battenfeld

Wtrysk wspomagany parą wodną

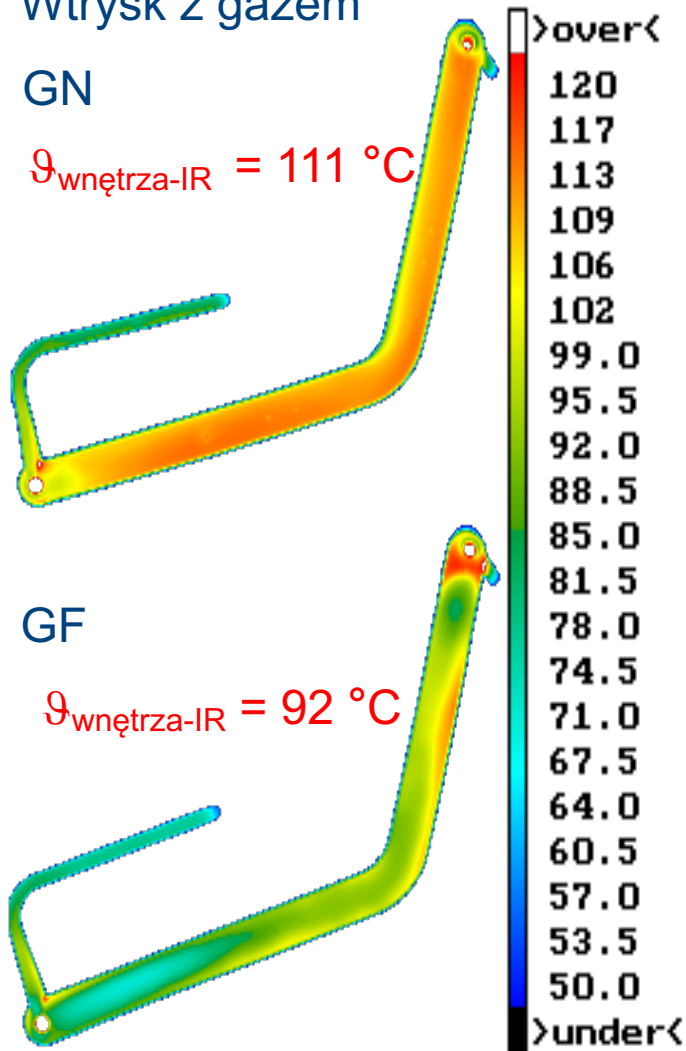
Opracowany przez IKV Aachen, wykonanie – firma Battenfeld

Zdjęcie kształtek kamerą w podczerwieni

Wtrysk z gazem

GN

$\vartheta_{\text{wnętrza-IR}} = 111 \text{ } ^\circ\text{C}$

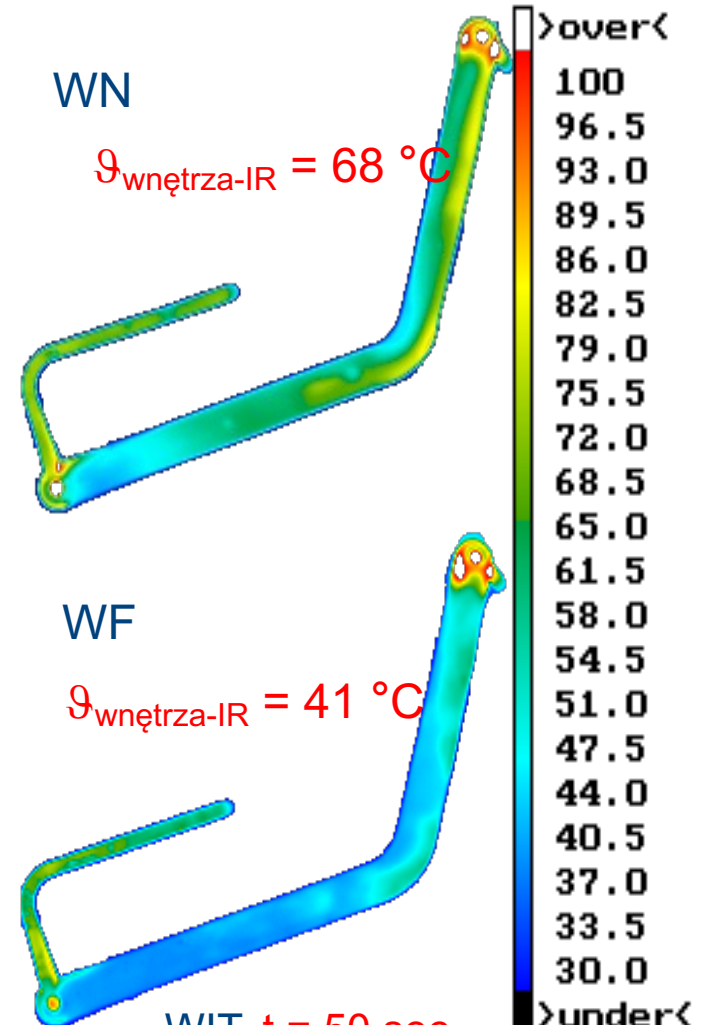


GIT, $t = 50 \text{ sec}$

Wtrysk z parą wodną

WN

$\vartheta_{\text{wnętrza-IR}} = 68 \text{ } ^\circ\text{C}$



WIT, $t = 50 \text{ sec}$

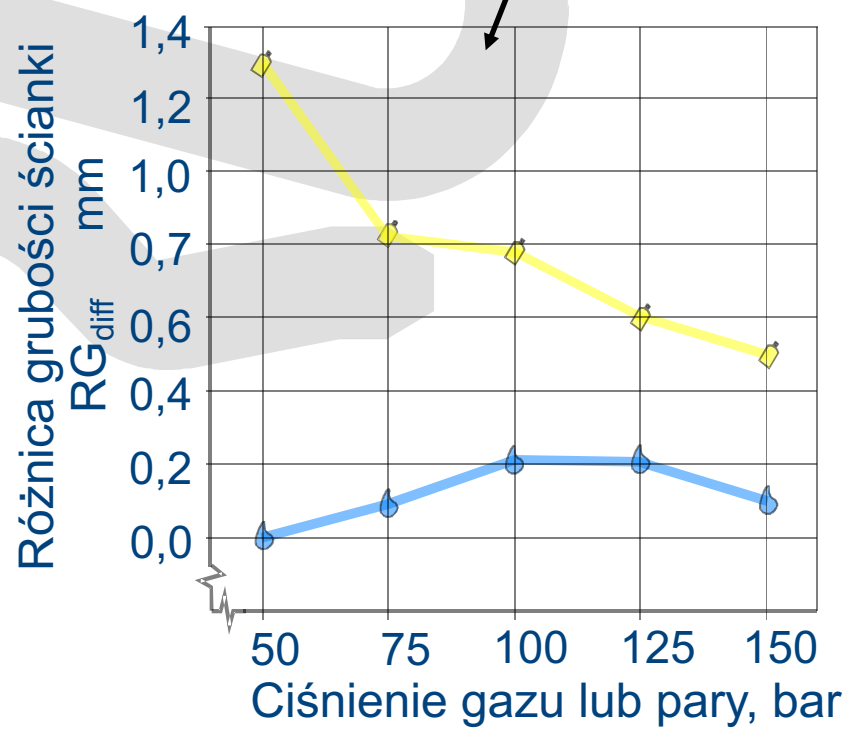
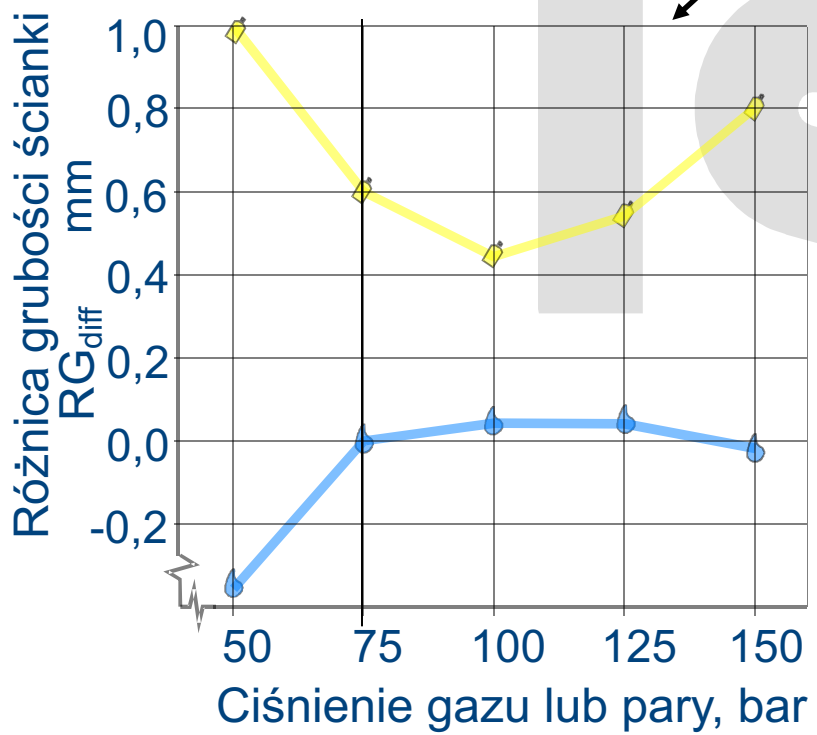
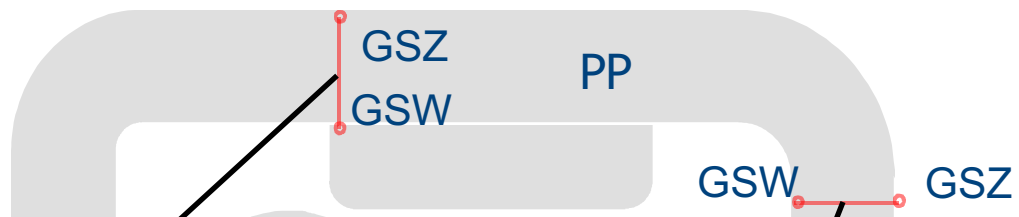
Temperatura wyjęcia wypraski z formy

($t_{\text{chłodzenia}} = 50 \text{ sec}$), N – oznacza PP naturalny, F – PP + 30% GF

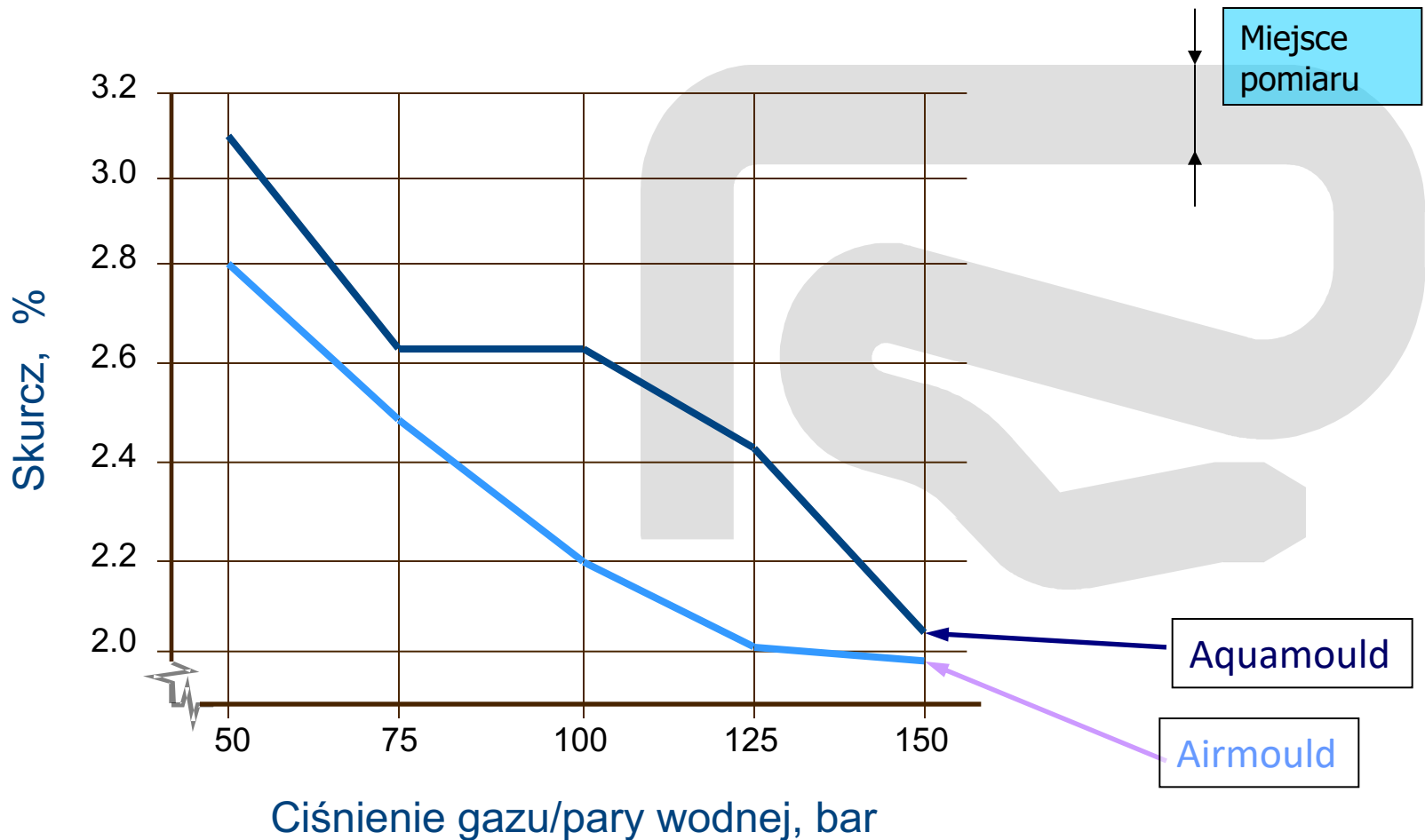
Różnice grubości ścianki wypraski przy wtrysku z gazem i z parą wodną

RG... - Różnica grubości ścianki
 $RG_{diff} = GSZ - GSW$

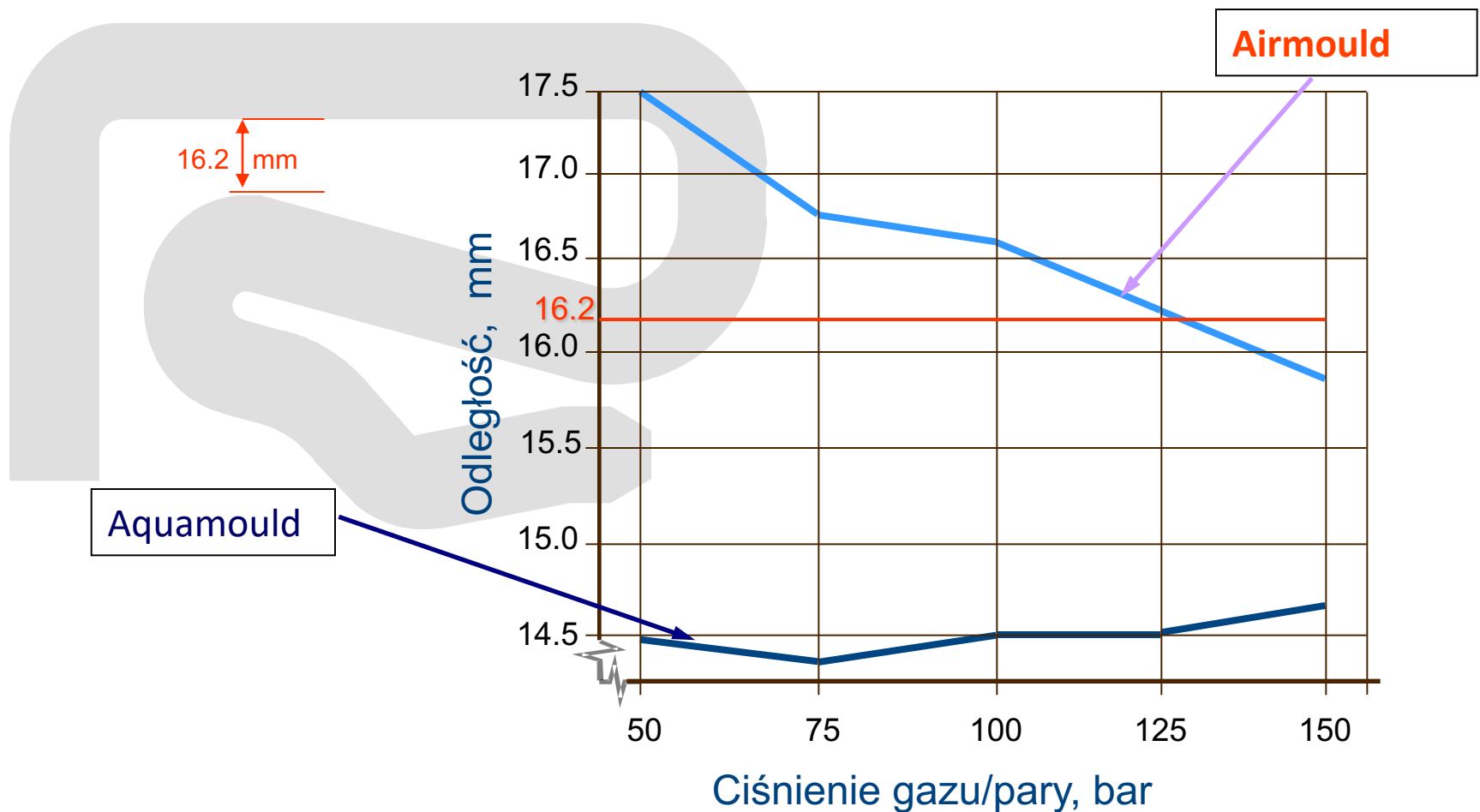
 Gaz
 Woda



Porównanie skurczu wypraski z polipropylenu wykonanej techniką Airmould i Aquamould



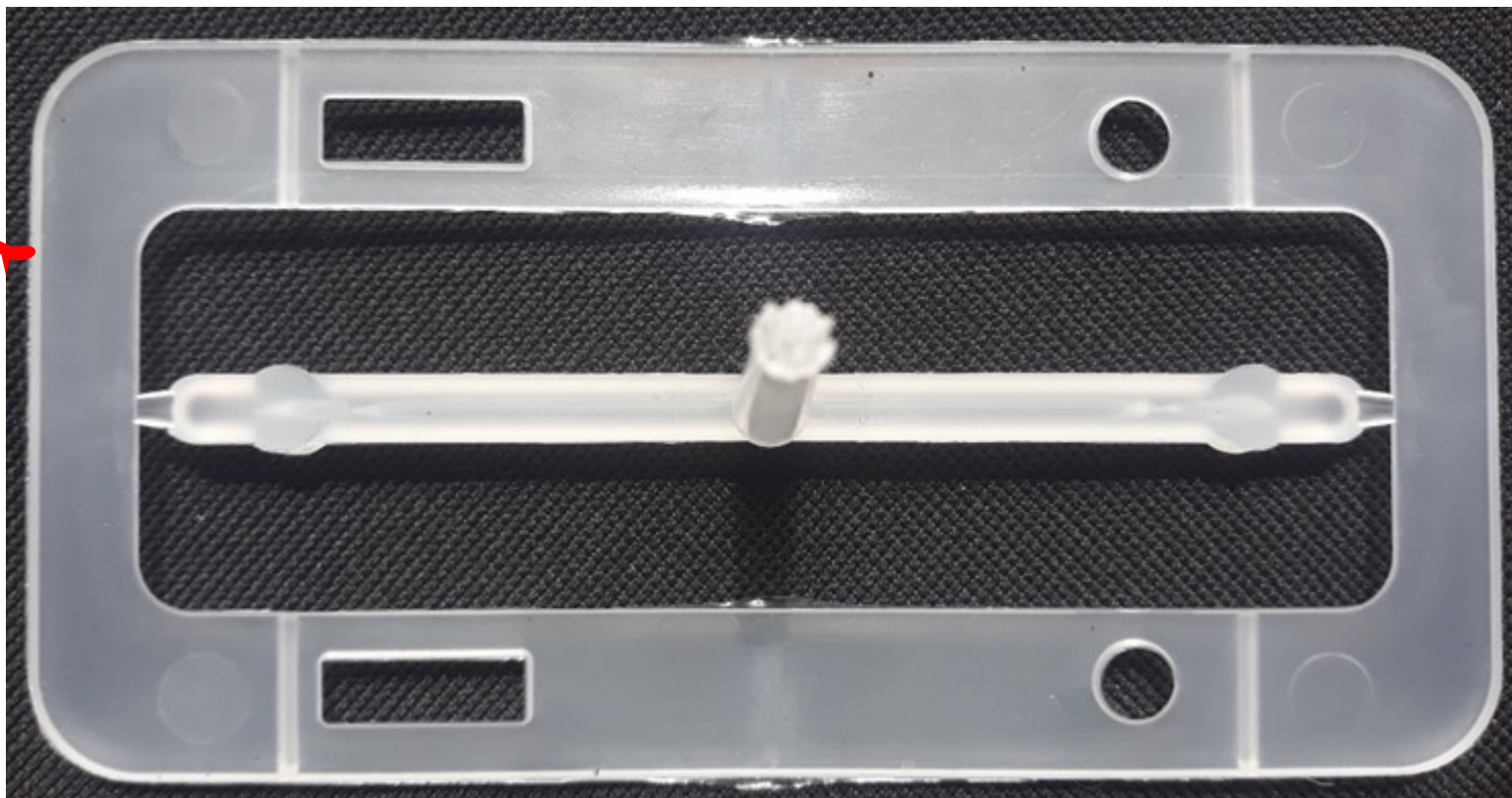
Porównanie paczenia wypraski z polipropylenu wykonanej techniką Airmould i Aquamould



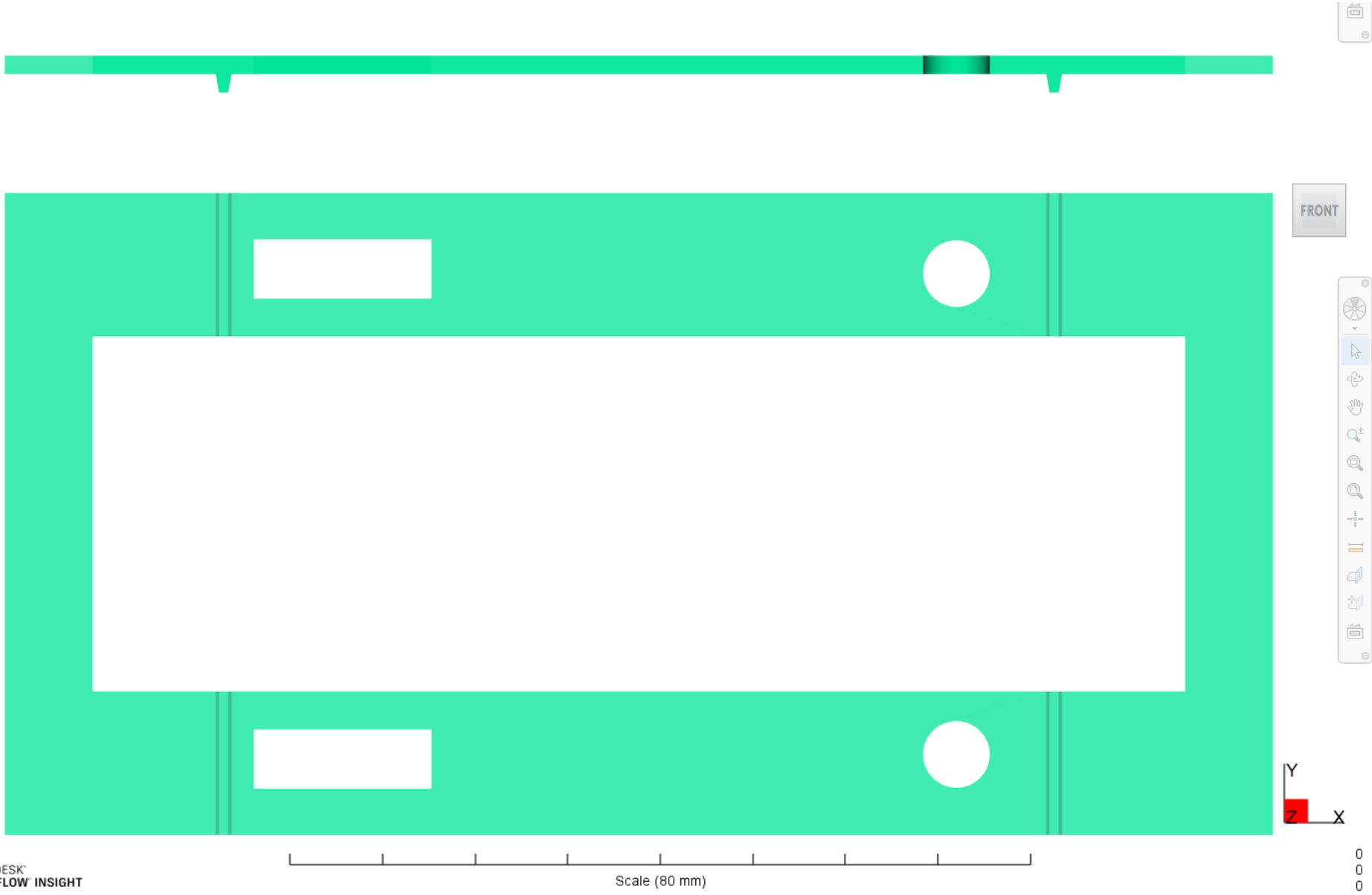
Porównanie wyników komputerowej symulacji GAIM z rzeczywistym procesem dla zaprojektowanej wypraski modelowej

Do badań wykorzystano:

- program symulacji komputerowej Autodesk Moldflow Insight 2021,
- formę wtryskową na modelową kształtkę (ramkę o wymiarach gabarytowych 140x70x2 mm z otworami: 2 otwory okrągłe oraz 2 otwory prostokątne) z 2 kanałami dopływowymi,
- wtryskarke hydrauliczną typu Battenfeld 350 PLUS



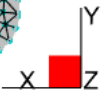
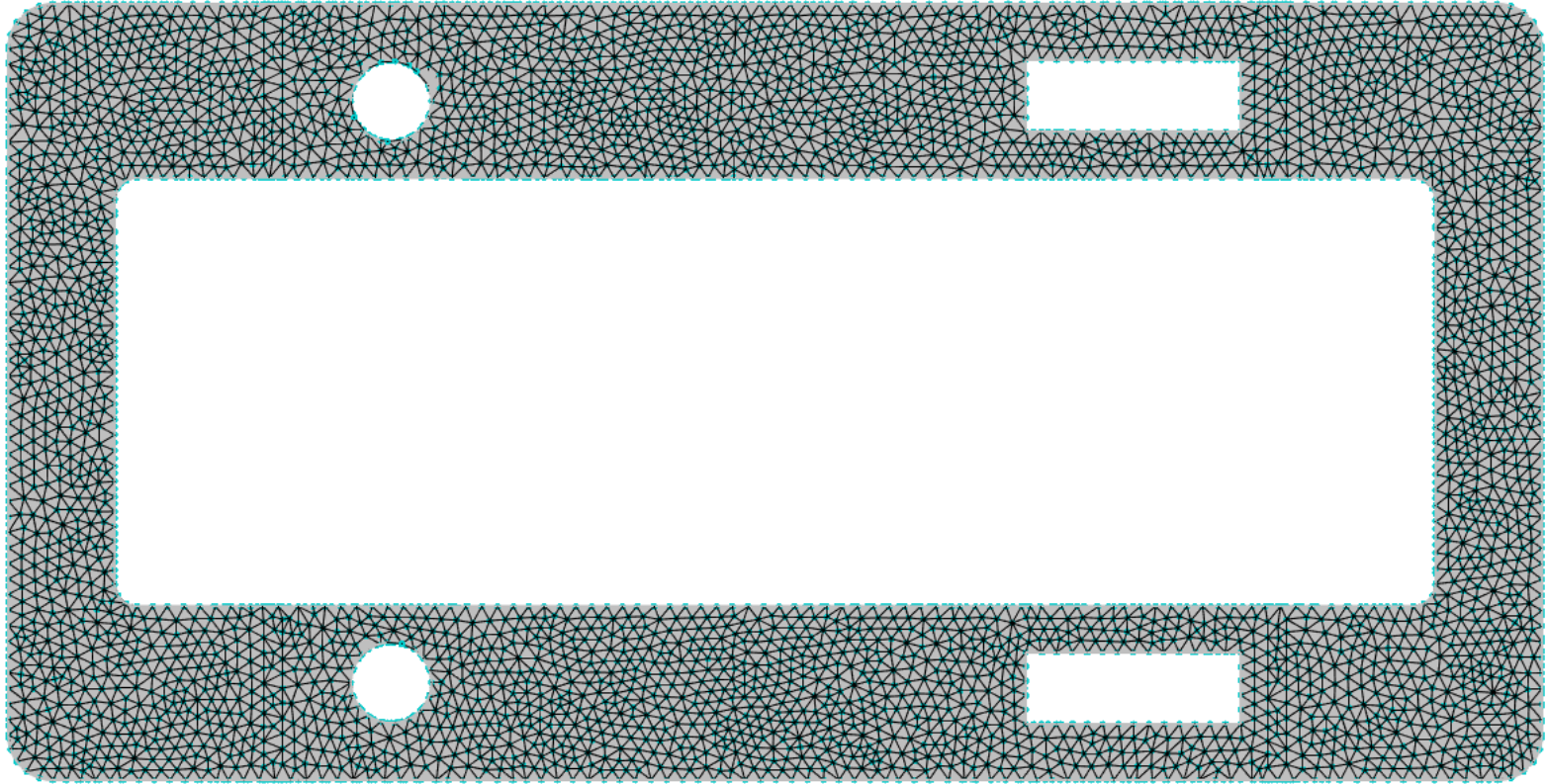
Model: płytki o wymiarach: 140x70x2 mm



Model: płytki z promieniami o wymiarach: 140x70x2 mm



BACK

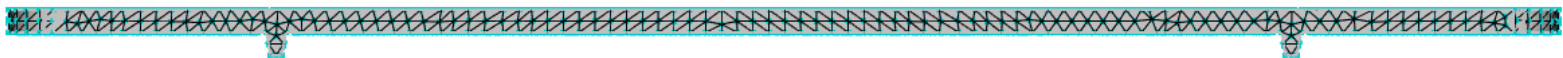


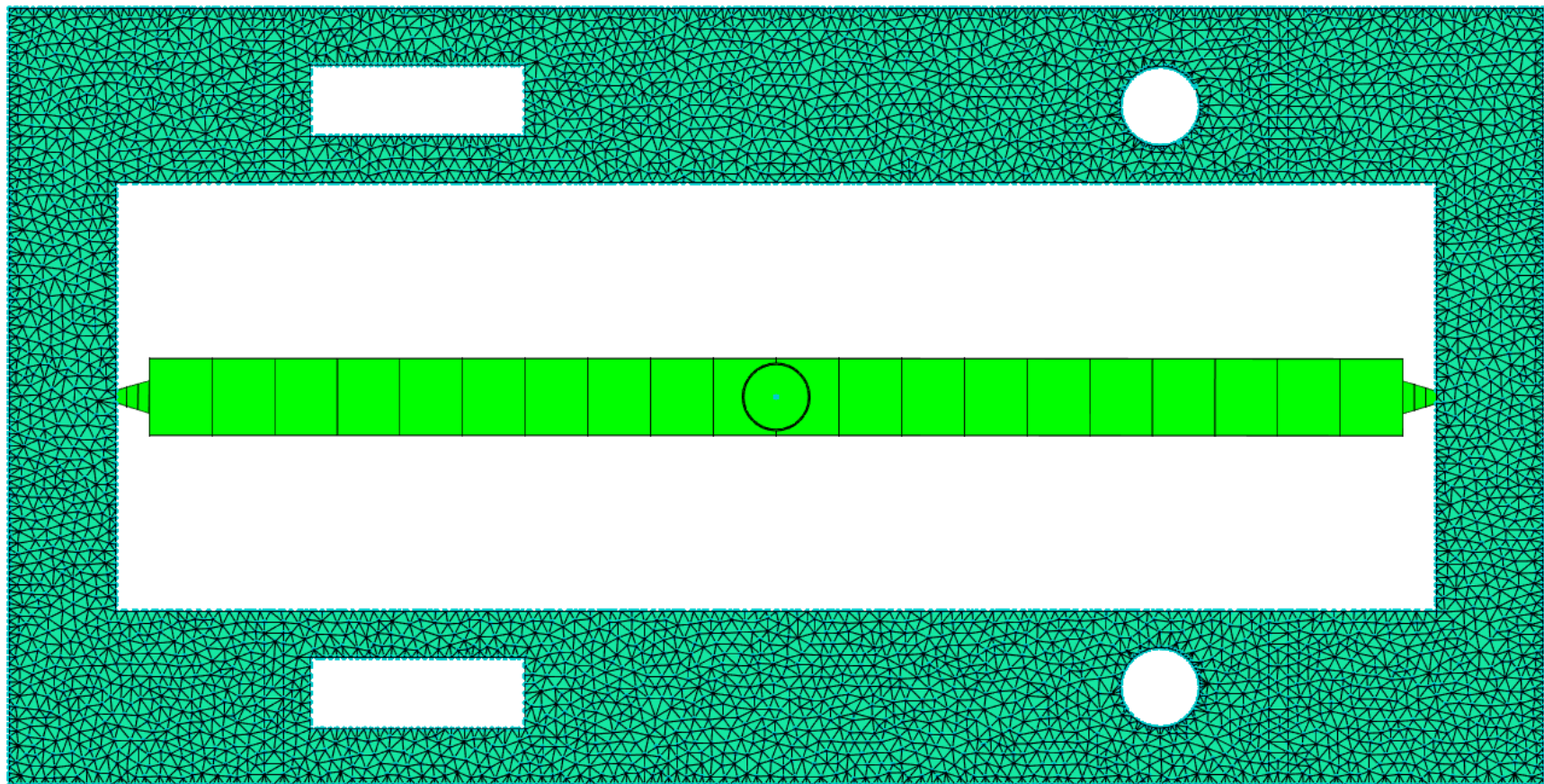
Scale (90 mm)



180

AUTODESK
MOLDFLOW INSIGHT





FRONT

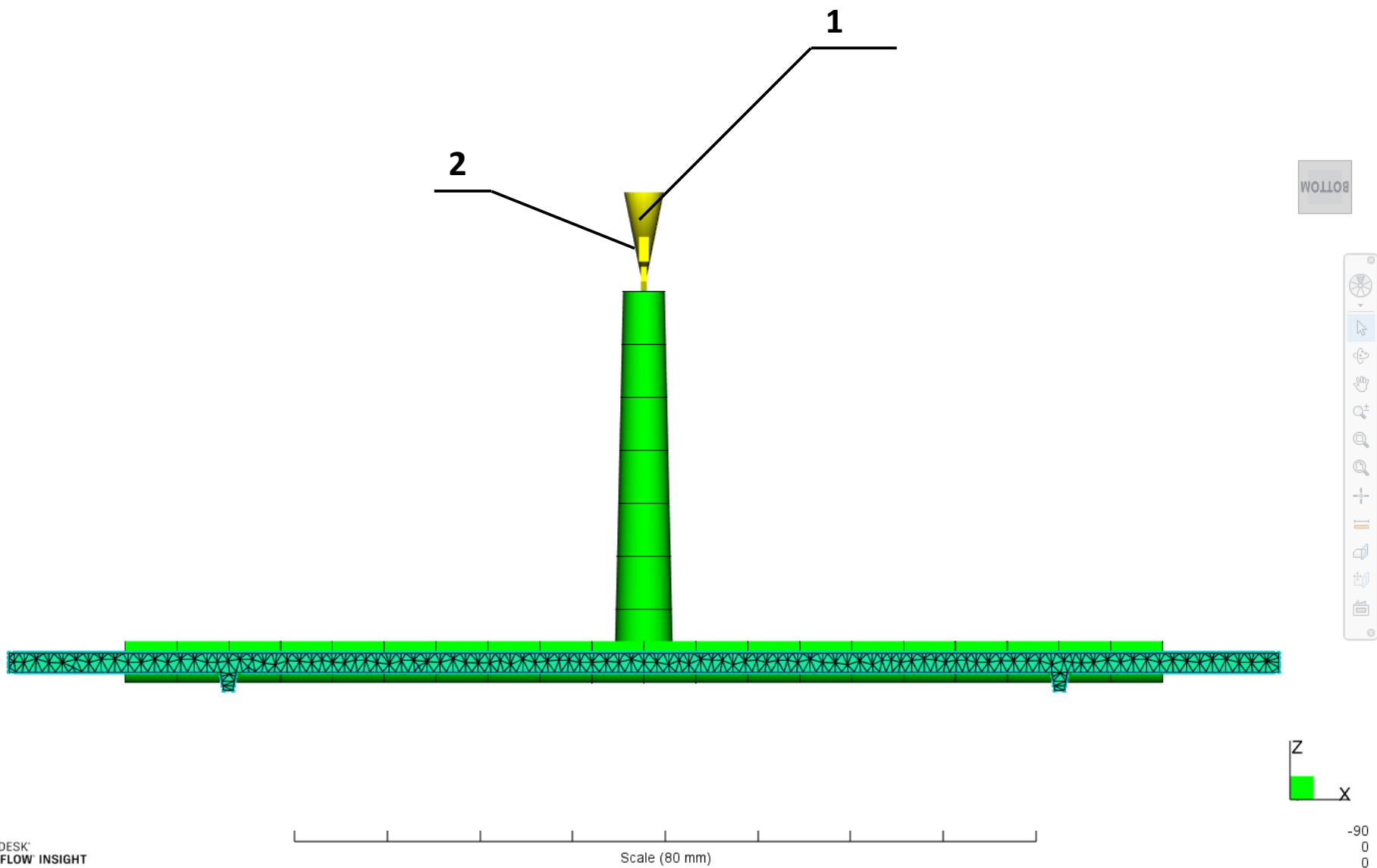


0
0
0

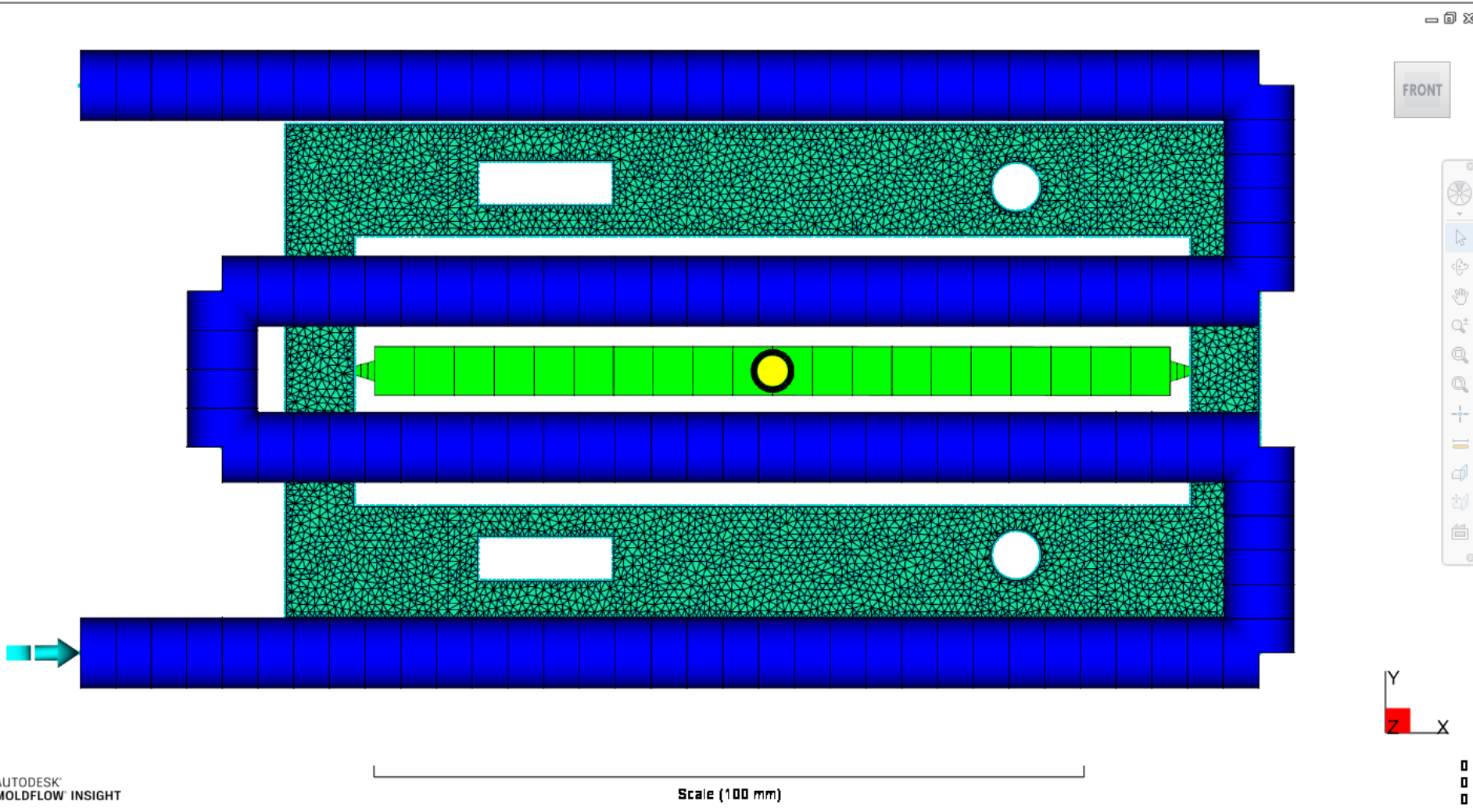
AUTODESK
MOLDFLOW INSIGHT

Scale (80 mm)

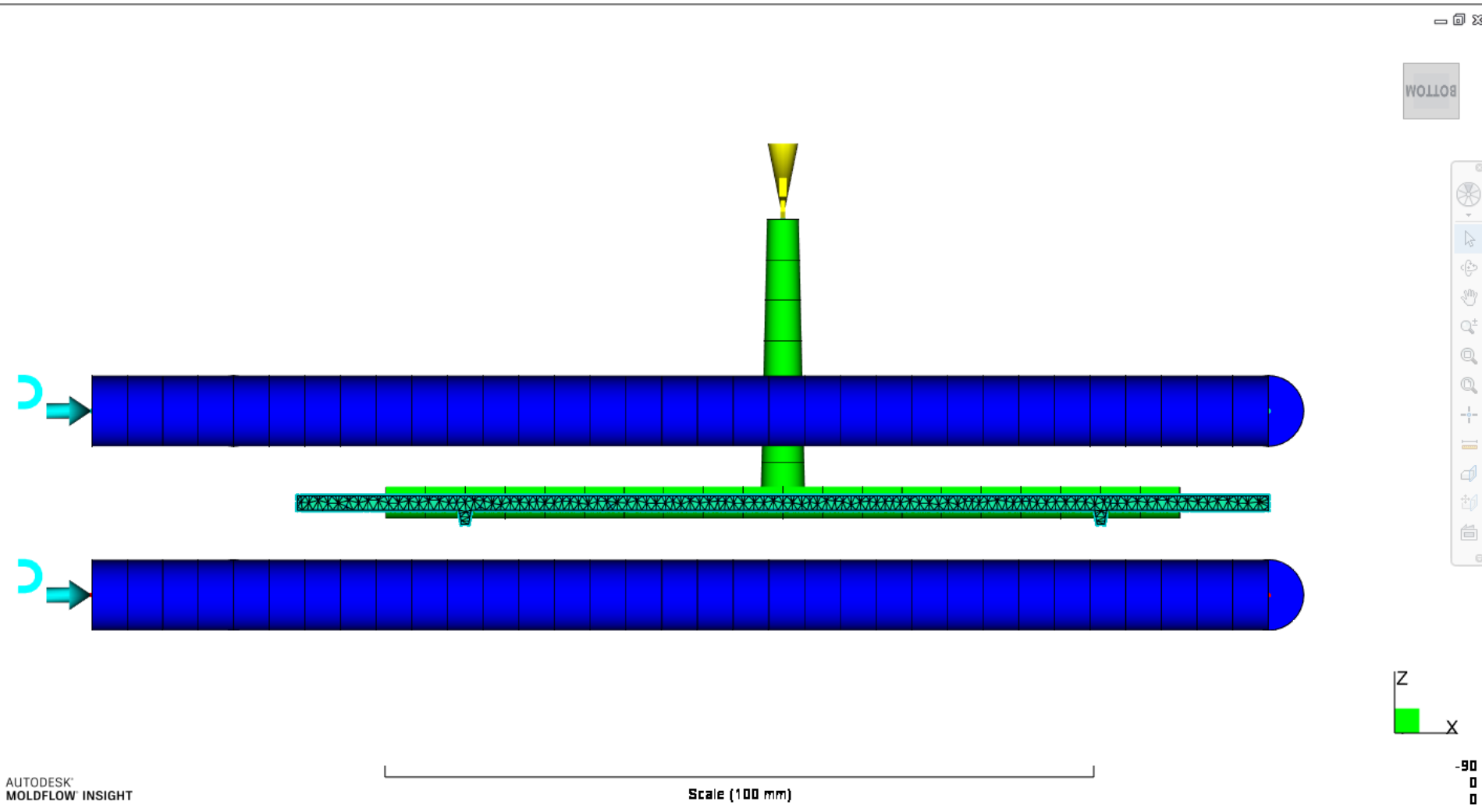
Model MES płytki (elementy 3D, tetraedryczne) wraz z kanałem wtryskowym ,
dopływowymi i przewężkami (elementy 1D)



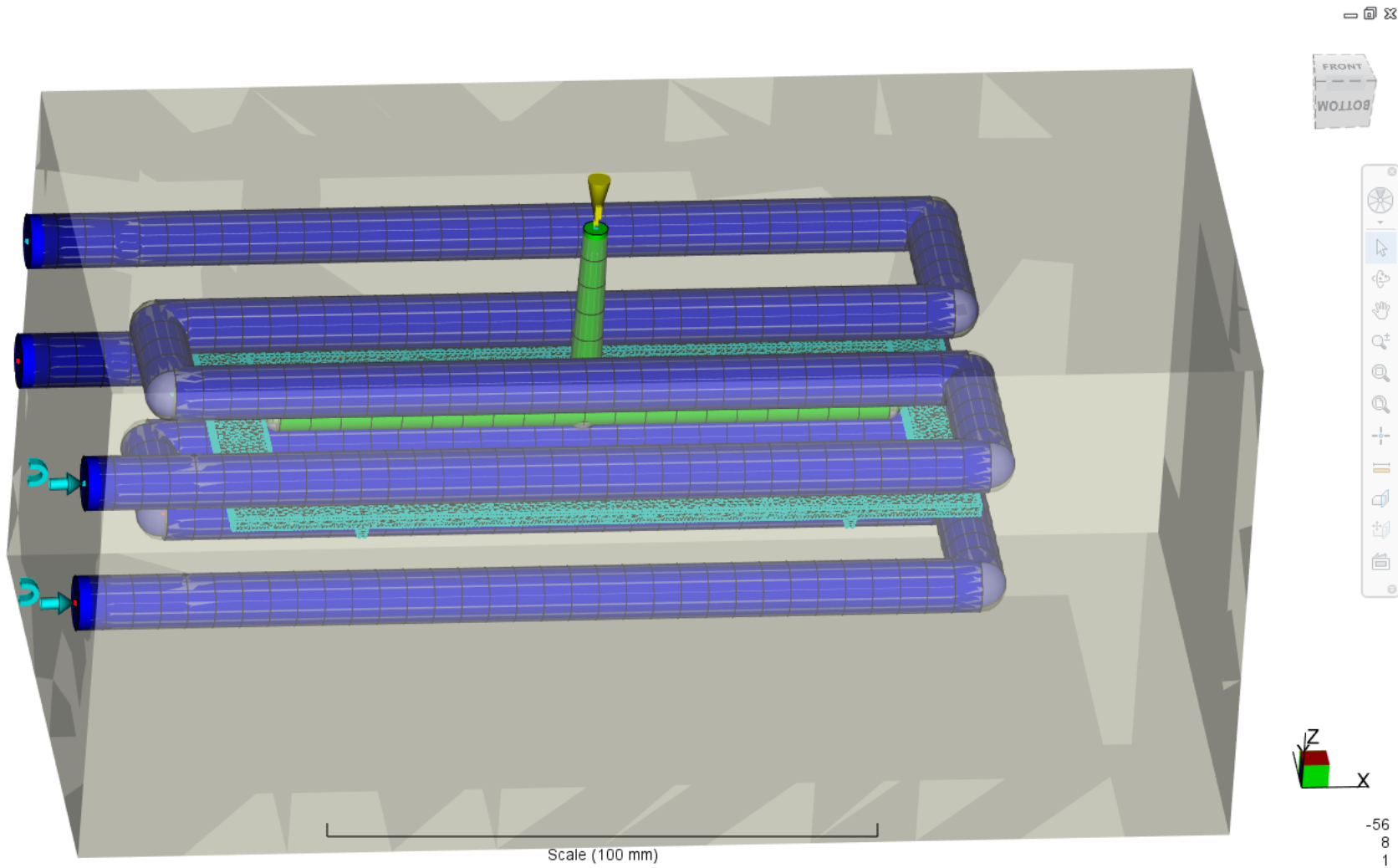
Model MES płytki wraz z kanałem wtryskowym, dopływowym i przewężką
1. punkt wlewu tworzywa, 2. punkt wtrysku gazu



Model MES płytki z wlewką i kanałami chłodzącymi



Model MES płytki z wlewkiem i kanałami chłodzącymi



Kompletny model MES wraz z blokiem formy

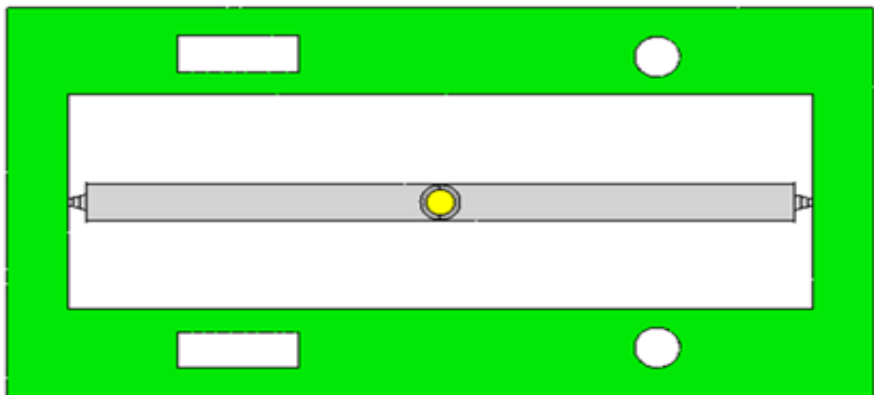
Właściwości analizowanego tworzywa^{*)}

Rodzaj tworzywa	Polipropylen
Nazwa handlowa	Moplen 500N
Producent	Basell Polyolefins Europe
Rodzaj i ilość napełnienia	-
Masowy wskaźnik szybkości płynięcia, g/10 min	12
Gęstość stopu, g/cm ³	0,7276
Zalecana temperatura wtrysku, °C	220-280
Zalecana temperatura formy, °C	20-60
Maksymalne naprężenie ścinające, MPa	0,25
Maksymalna szybkość ścinania, 1/s	100 000

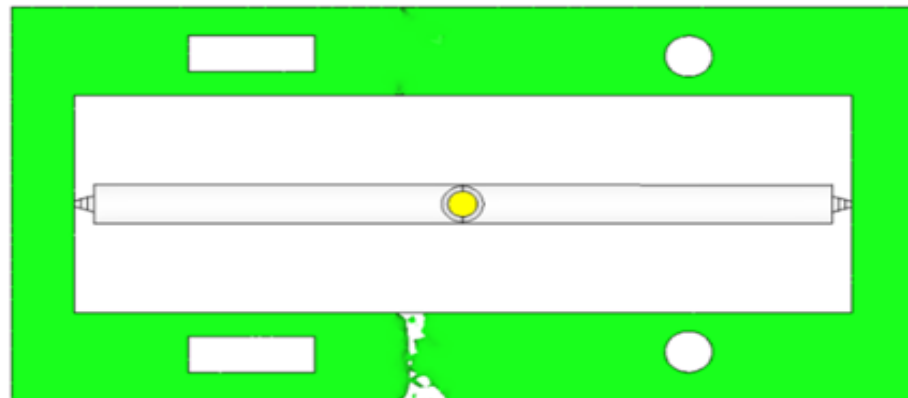
^{*)} dane z bazy programu Autodesk Moldflow
Insigth

Zastosowane parametry wtrysku

Czas wtrysku, s	1,1
Temperatura formy, °C	50
Temperatura wtrysku, °C	240
Ciśnienie gazu, MPa	11,2 – 11,7
Czas wtrysku gazu, s	6,0



A)



B)

Obszar wypełnienia gniazda tworzywem:

A) – dla punktu przełączenia 68,0%,

B) – dla punktu przełączenia 67,5%



64,6 %;

Wygląd wtryskiwanej kształtki dla punktu przełączenia wtrysk tworzywa/wtrysk gazu dla podanego wypełnienia gniazda



66,7 %;



67,9 %

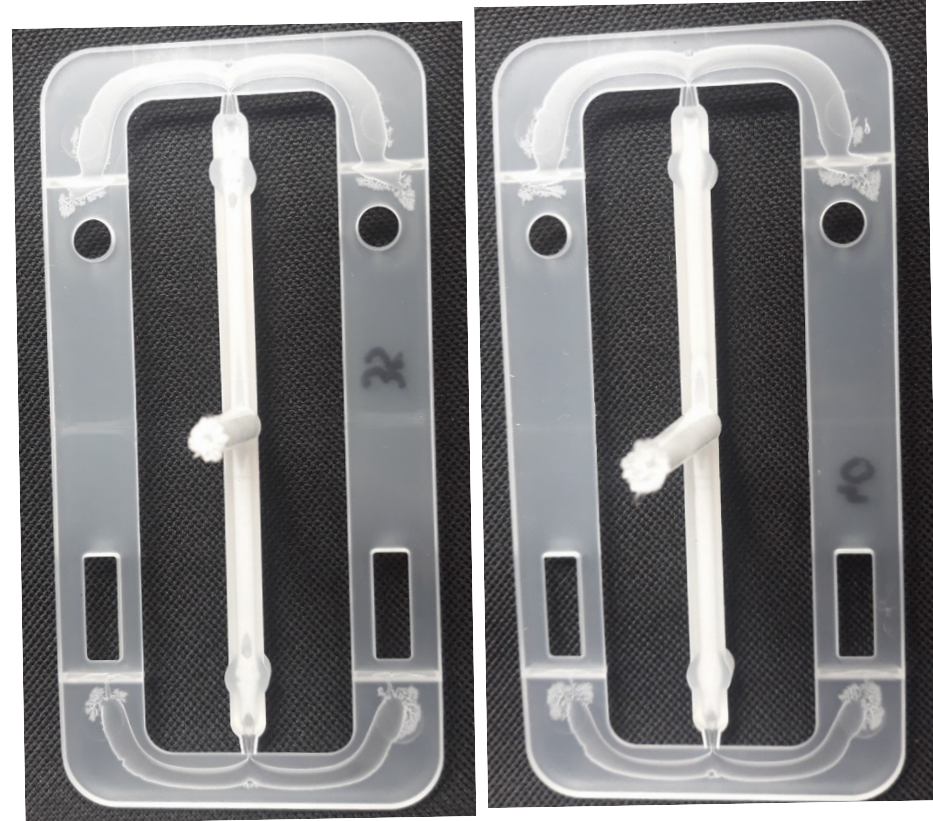


A

B

Wygląd wtryskiwanej kształtki dla punktu przełączenia wtrysk/docisk dla wypełnienia gniazda 68,8 % :

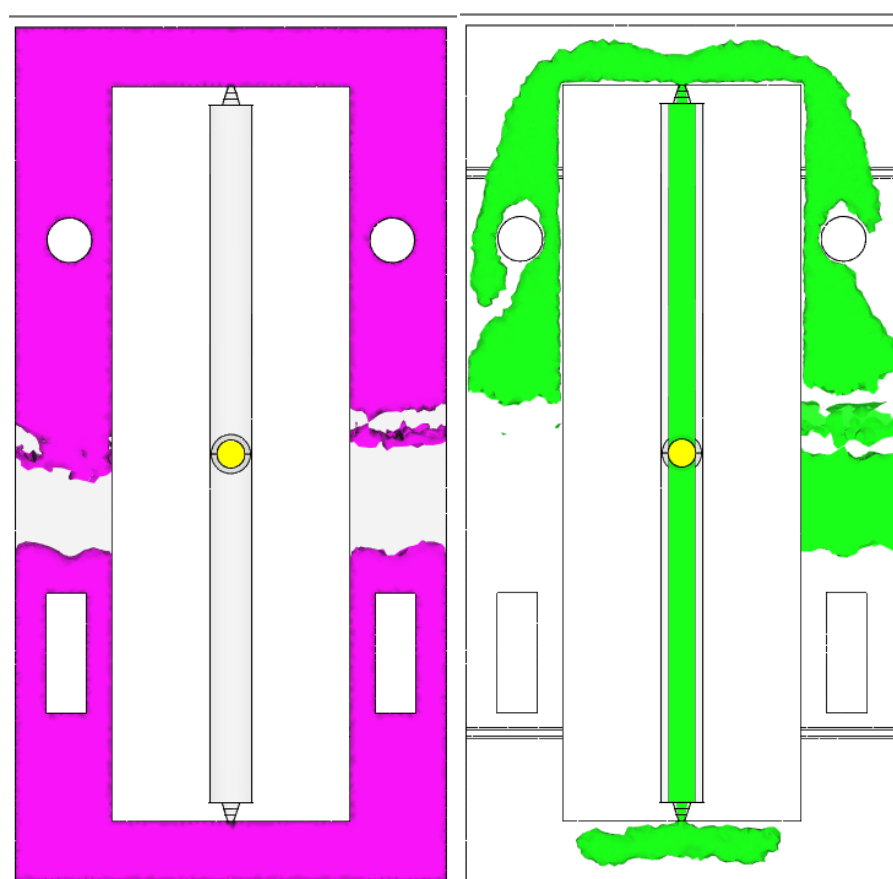
A - wtrysk z gazem, B – wtrysk bez gazu



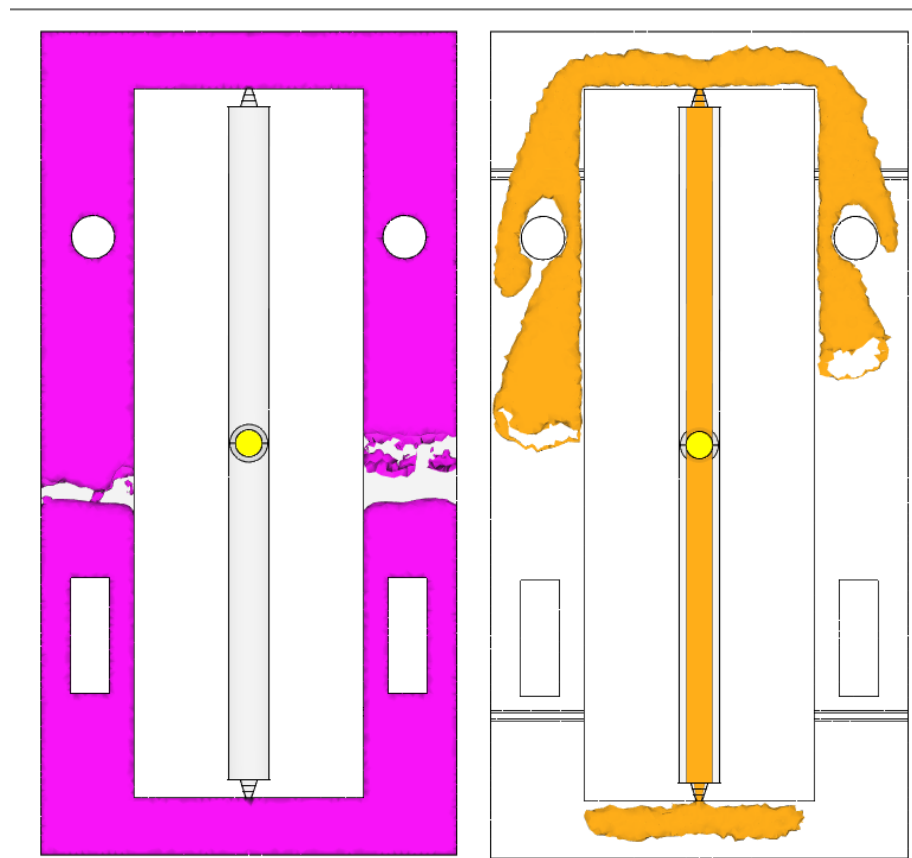
72,9 %

83,3 %

Wygląd wtryskiwanej kształtki dla punktu przełączenia wtrysk tworzywa/ wtrysk gazu dla podanego wypełnienia gniazda

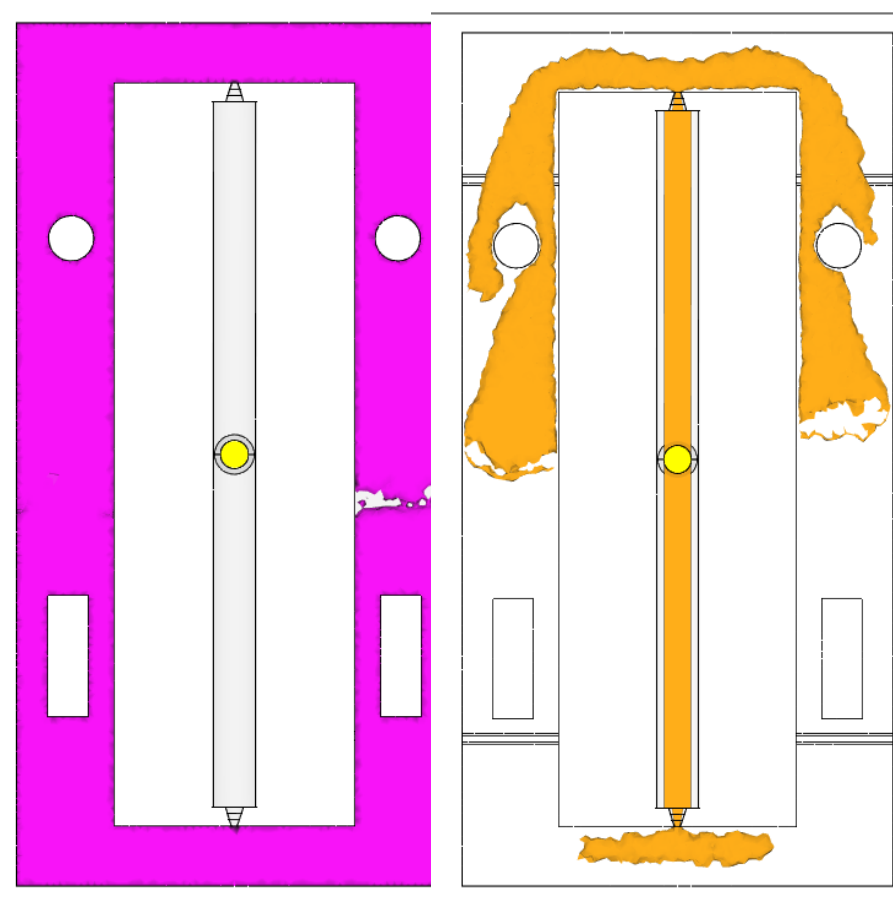


60,0 %

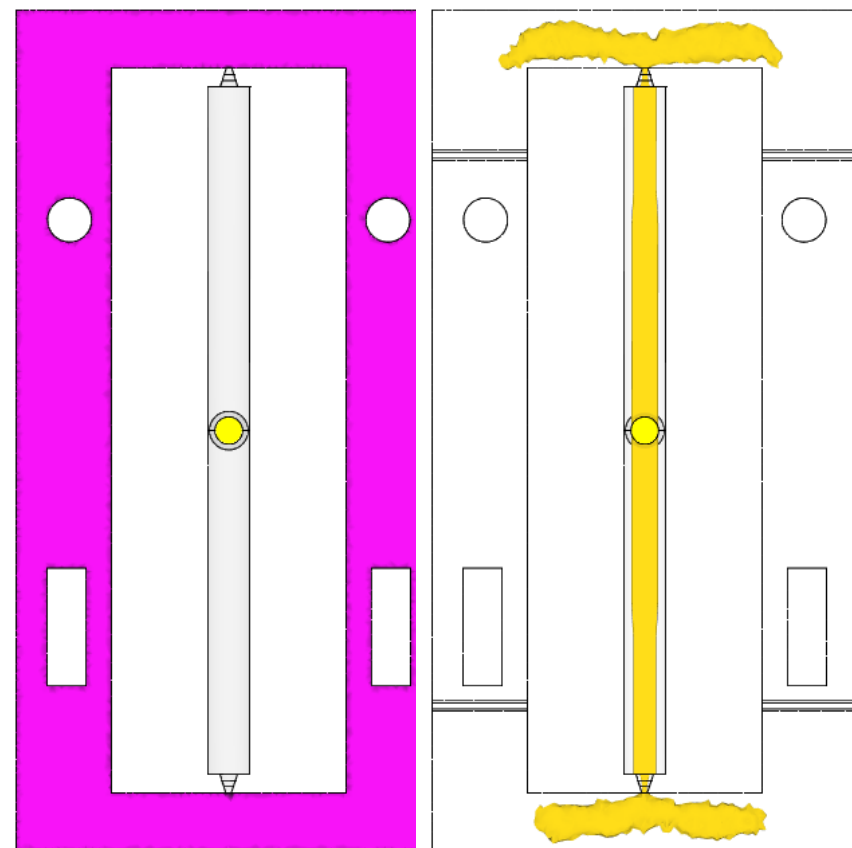


65,0 %

Wygląd symulowanej kształtki dla punktu przełączenia wtrysk tworzywa/wtrysk gazu dla podanego wypełnienia gniazda (fiolet – tworzywo, żółty/zielony - gaz)

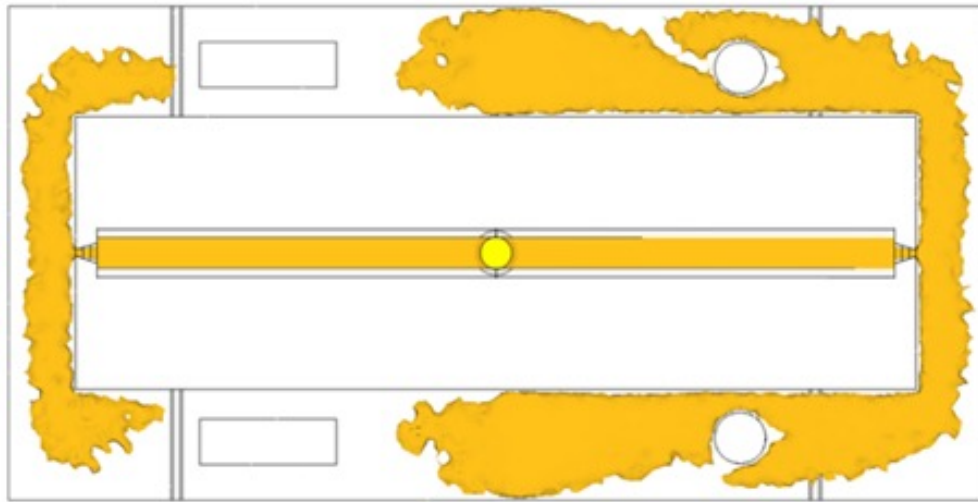


67,5 %

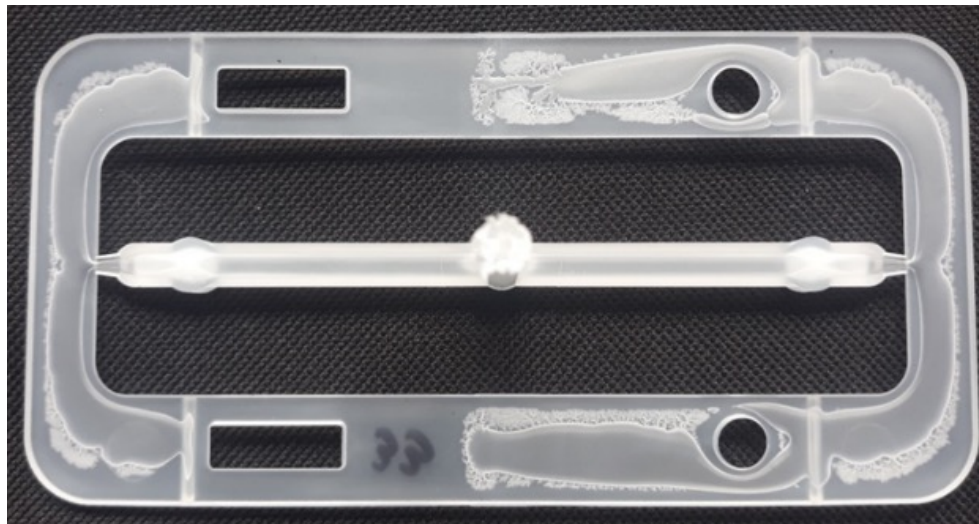


83,5 %

Wygląd symulowanej kształtki dla punktu przełączenia wtrysk tworzywa/wtrysk gazu dla podanego wypełnienia gniazda (fiolet – tworzywo, żółty/zielony - gaz)



Wygląd kształtki dla optymalnej zawartości gazu (symulacja)



Wygląd kształtki dla optymalnej zawartości gazu (wynik eksperymentu)

Porównanie mas wyprasek symulowanych za pomocą programu AMI i rzeczywistych

Eksperyment		Symulacja AMI	
Przełączenie wtrysk tworzywa/ wtrysk gazu, %	Średnia masa kształtki, g	Przełączenie wtrysk tworzywa/ wtrysk gazu, %	Średnia masa kształtki, g
65,0	8,38 ^{*)}	64,6	7,42 ^{*)}
67,0	9,21	66,7	7,70
68,0	9,40	67,0	7,81
68,8	9,80	69,0	7,91
72,9	10,54	73,0	8,19
83,9	10,71	85,0	9,35
100,0	11,44	100,0	11,40

^{*)} niedolew – gaz przebija czoło stopu

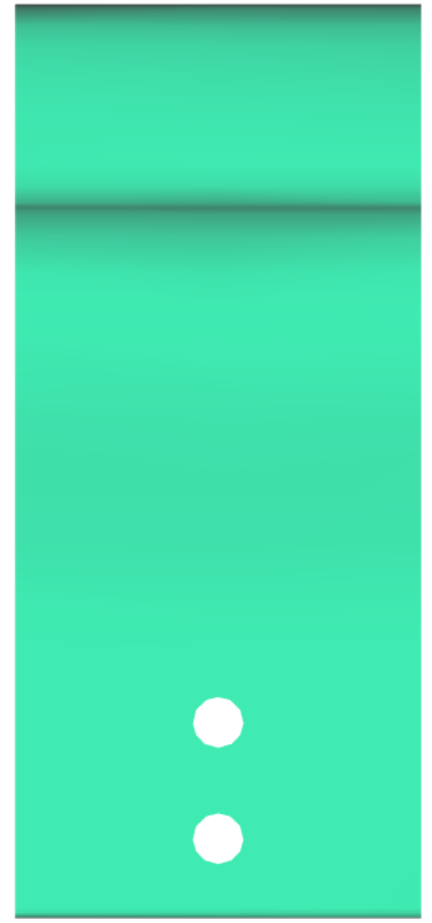
Podsumowanie

- Przeprowadzenie symulacji, a następnie wykonanie wtrysku detalu w warunkach laboratoryjnych pozwoliło sprawdzić poprawność wyników analizy. Z eksperymentu wynika, że symulowana wartość wypełnienia gniazda formy w momencie przełączenia z wtrysku tworzywa na wtrysk gazu następuje przy 68,0 %, natomiast w rzeczywistości należało zastosować przełączenie przy wypełnieniu gniazda stopem w 69,0 %.
- Przeprowadzone symulacje wskazały w sposób bardzo zbliżony do rzeczywistego rozkład gazu wewnątrz modelowej kształtki.
- Według przeprowadzonej symulacji kształtki otrzymane metodą GAIM o optymalnej zawartości gazu ważyły 7,81 g, a kształtki otrzymanej bez gazu 11,40 g. Średnia masa laboratoryjnych kształtek wtrysniętych z gazem wyniosła 9,80 g, a kształtek pełnych 11,44 g.

Symulacja GAIM dla wybranej kształtki użytkowej
(wypraska o konstrukcji typowej dla procesu GAIM)



Scale (100 mm)



USTAWIENIE PARAMETRÓW PROCESU WTRYSKU Z GAZEM DO SYMULACJI:

Tworzywo użyte do symulacji:
Tarnamid T27

MACHINE PARAMETERS:

Maximum injection pressure = 1.8000E+02 MPa
Maximum machine clamp force = 7.0002E+03 tonne
Maximum machine injection rate = 5.0000E+03 cm³/s
Machine hydraulic response time = 1.0000E-02 s

TEMPERATURE CONTROL:

Melt temperature = 270.00 C
Mold temperature = 80.00 C
Mold-melt heat transfer coefficients
Global values. (Superseded by any values set on individual elements.)
Filling = 5000.0000 W/m²-C
Packing = 2500.0000 W/m²-C
Detached = 1250.0000 W/m²-C
Atmospheric temperature = 25.00 C

FILLING CONTROL:

Filling control type = Injection time
Fill time = 1.00 s

VELOCITY/PRESSURE SWITCH-OVER CONTROL:

Velocity/pressure switch-over control type = By % volume filled
Percentage volume of the part = 48.50 %; 49,5 %; 50,0 %; 55,0 %

PACK/HOLDING CONTROL:

Pack/holding control type = % Filling pressure vs time
Pressure profile: duration % filling pressure

0.00 s	100.00
5.00 s	100.00

GAS INJECTION CONTROL:

Gas injection controller - index = 1
- name = Gas-assisted injection controller defaults #1

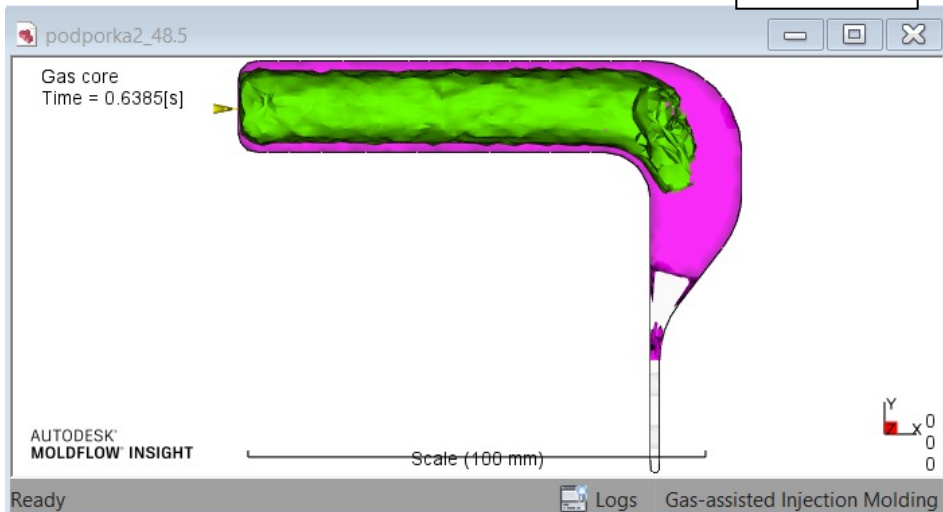
Gas injection control method = Pressure control
Gas delay time = 0.1000 s

Gas pressure vs time profile:

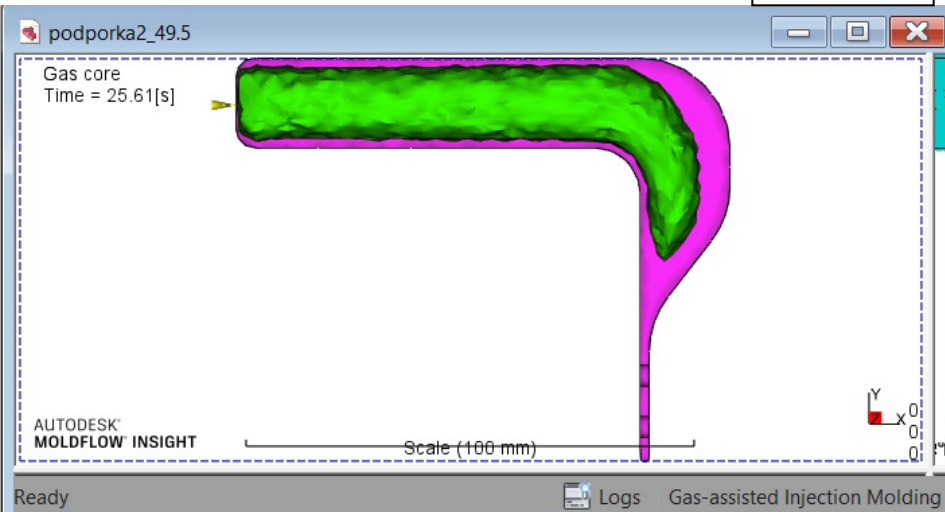
time	pressure
0.0000 s	6.0000 MPa
5.0000 s	7.0000 MPa
5.0000 s	7.5000 MPa

COOLING TIME = 20.0000 s

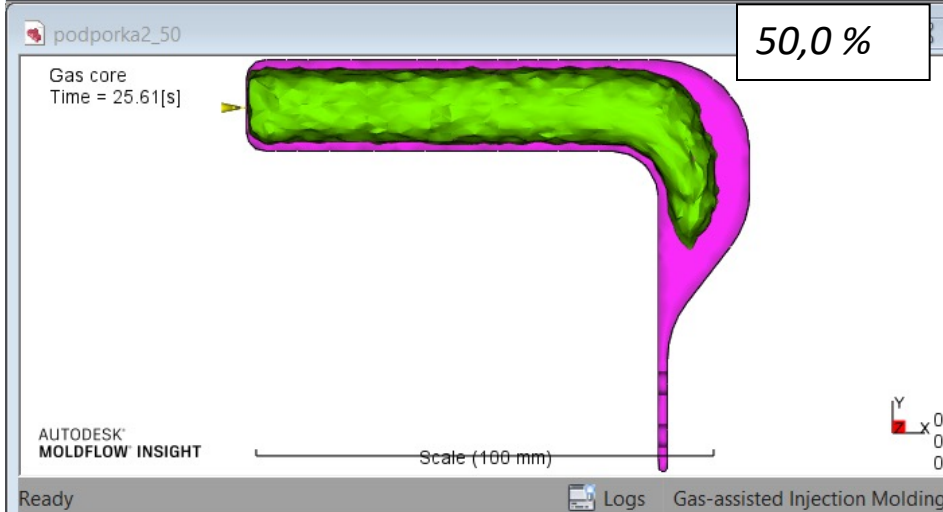
48.5 %



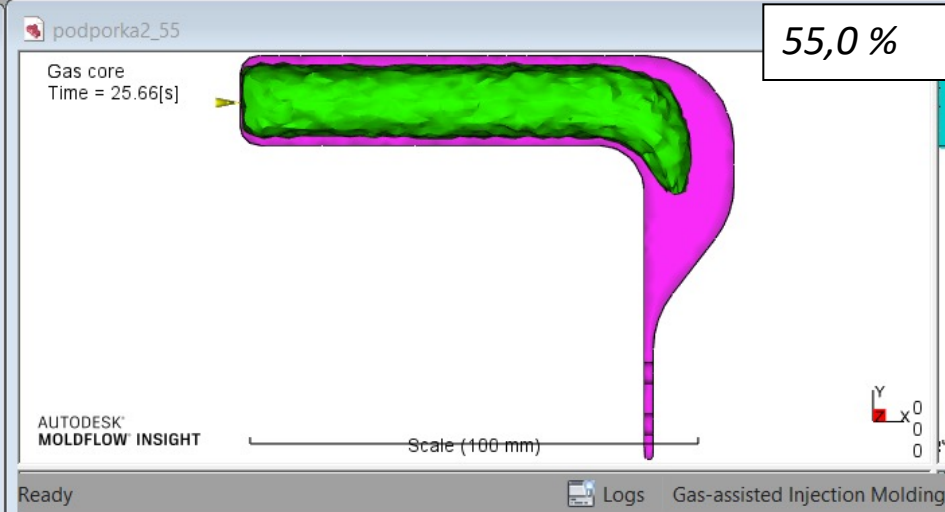
49.5 %



50,0 %

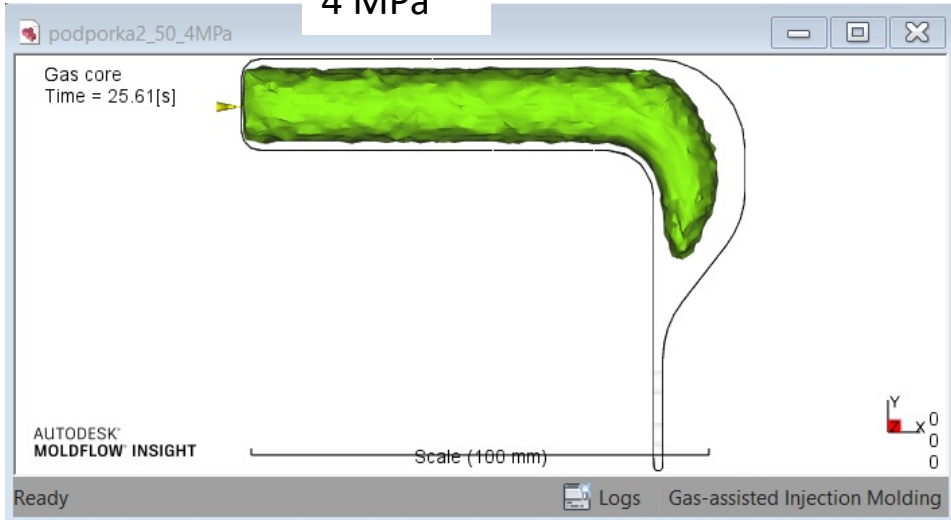


55,0 %

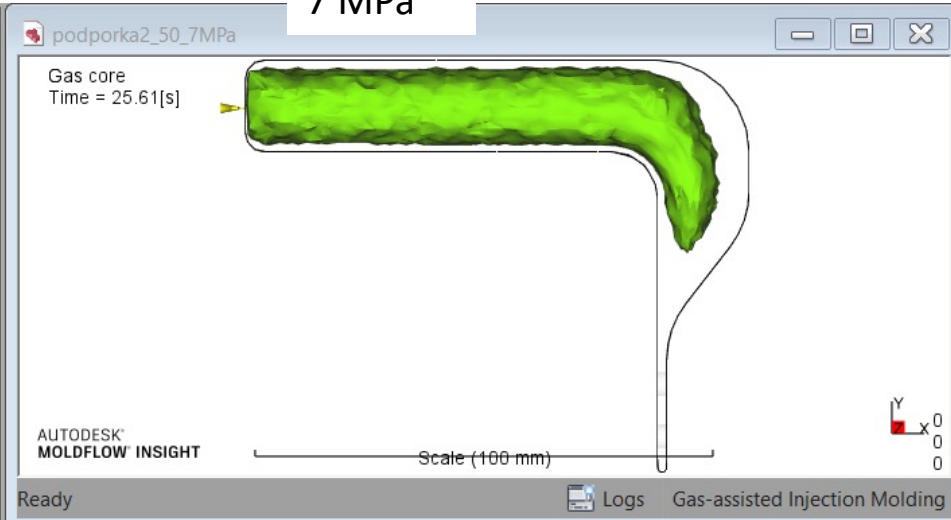


Analiza optymalizacji punktu przełączenia wtrysku tworzywa/wtrysk gazu
(Liczby na rysunkach oznaczają % wypełnienia gniazda tworzywem w momencie przełączenia)

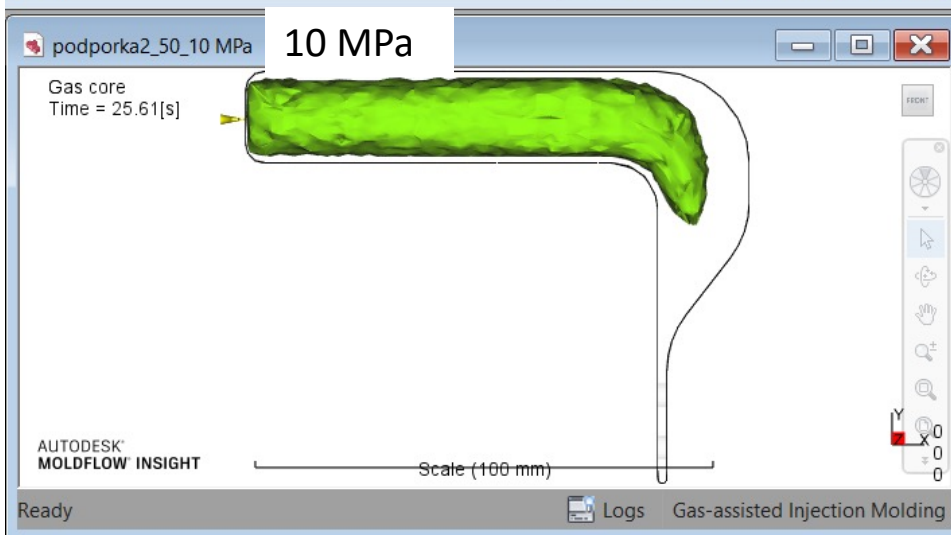
4 MPa



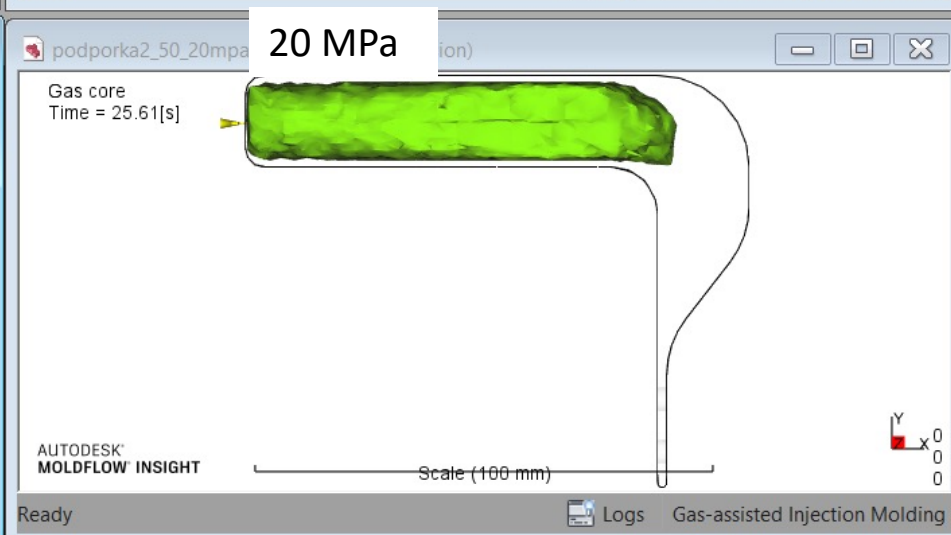
7 MPa



10 MPa

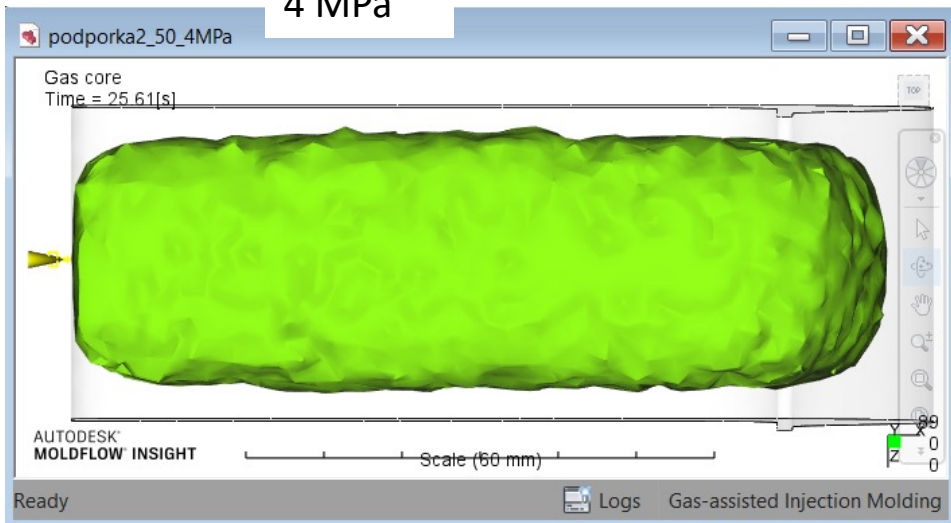


20 MPa

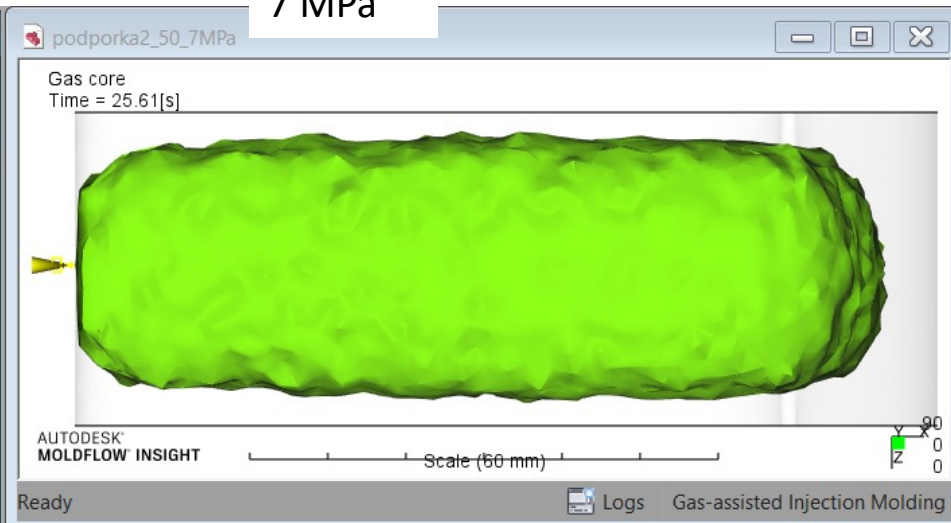


Analiza optymalizacji ciśnienia wtryskiwanego gazu
(Liczby na rysunkach oznaczają wartości ciśnienia w MPa)

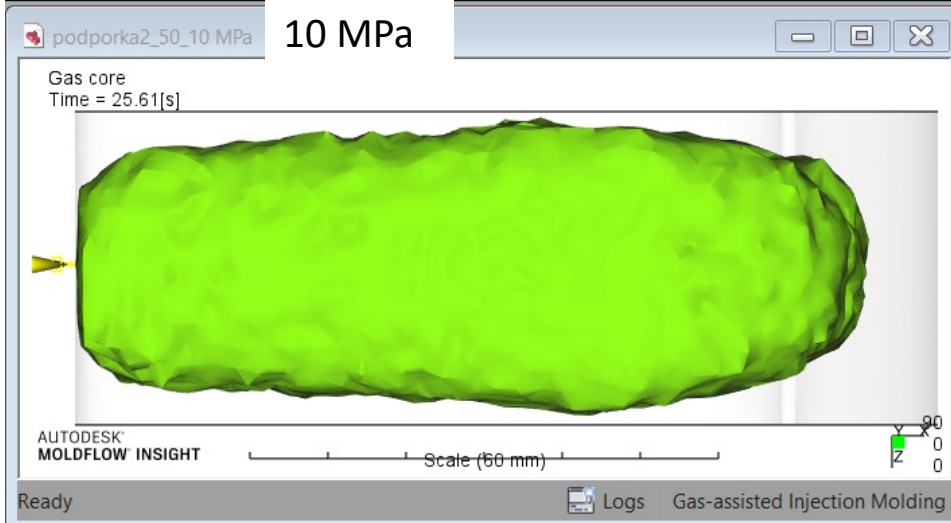
4 MPa



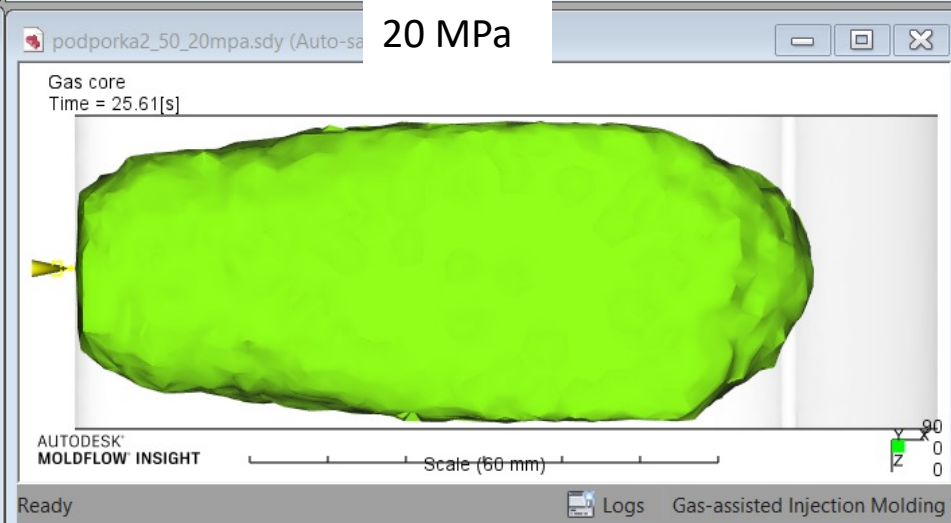
7 MPa



10 MPa



20 MPa



Analiza optymalizacji ciśnienia wtryskiwanego gazu, widok z góry
(Liczby na rysunkach oznaczają wartości ciśnienia w MPa)

Porównanie właściwości wyprasek uzyskanych dla różnego ciśnienia wtryskiwanego gazu
(dla przełączenia na wtrysk gazu przy 59,5 % wypełnieniu gniazda tworzywem)

Ciśnienie wtryskiwanego gazu, MPa	4,0	7,0	10,0	20,0
Masa wypraski, g	62,97	62,96	62,97	62,94
Zawartość gazu w wyprasce, %	43,47	43,34	51,26	42,82
Objętościowy skurcz maks., %	16,50	16,53	16,70	16,89
Objętościowy skurcz min., %	2,49	2,44	2,42	2,29
Objęt., skurcz średni, %	12,67	12,60	12,67	12,77

Do opracowania prezentacji wykorzystałem wybrane wyniki symulacji GAIM z pracy magisterskiej Anny Niziołek (Politechnika Rzeszowska).

Specjalne podziękowanie składam mgr. inż. Bogdanowi Zabrzewskiemu (firma Battenfeld Polska) za wsparcie udzielone podczas wykonania formy wtryskowej na modelowaną kształtkę (ramkę).