

Rozwój technologii w skali Małopolski,
w ujęciu systemowym

Cyfrowy Pacjent

Ekspertyza

Autor:
Piotr Kustra

Wydawca:
Fundacja Klaster LifeScience Kraków

Kraków, 2026

1. Wprowadzenie

Ekspertyza ta zawiera refleksje i rekomendacje dotyczące wykorzystania podejścia systemowego w toczących się pracach, ukierunkowanych na rozwój jednego z sześciu obszarów strategicznych małopolskiej Platformy Specjalizacyjnej Zdrowe Społeczeństwo. Obszarem tym jest Cyfrowy Pacjent (dalej VHT – ang. Virtual Human Twin) czyli, w największym uproszczeniu, wirtualna, dynamiczna replika człowieka lub konkretnego aspektu jego zdrowia, która będzie wykorzystywana do celów medycznych.

Dokument jest efektem eksperckiej obserwacji uczestniczącej w warsztatach mających na celu wypracowanie programu (Mapy Drogowej) współpracy w Małopolsce dla obszaru Cyfrowy Pacjent poprzez zaangażowanie interesariuszy reprezentujących podmioty sektorów biznesu i jego otoczenia, nauki, służby zdrowia, administracji regionalnej i III sektora, kluczowe dla rozwoju tej dziedziny w Małopolsce. Szerszy kontekst i szczegóły tego przedsięwzięcia, można znaleźć w opracowaniu podsumowującym warsztaty, pod tytułem „[Mapa Drogowa rozwoju współpracy w obszarze Cyfrowy Pacjent \(Digital Twin in Healthcare\) Raport](#)”.

2. Metoda systemowa

Podejście systemowe w planowaniu strategii rozwoju regionu Małopolska polega na całościowym spojrzeniu na złożone interakcje pomiędzy różnymi aspektami i elementami całego ekosystemu. Bazuje ono na teorii dynamiki systemów, myśleniu systemowym i nauce o złożoności, które badają wzajemne powiązania pomiędzy zachowaniami, infrastrukturą, gospodarką, czynnikami środowiskowymi i społecznymi. W przeciwieństwie do standardowego, liniowego podejścia, które skupia się na izolowanych działaniach, systemowe podejście pozwala zidentyfikować sprzężenia zwrotne (feedback loops), punkty dźwigni (leverage points) oraz skutki nieoczywiste czy długofalowe, jak na przykład wtórne efekty działań w systemie ochrony zdrowia. Jest ono komplementarne wobec planowania tradycyjnego – integruje dane ilościowe i jakościowe oraz współpracę wielosektorową, co znacząco zwiększa skuteczność strategii oraz umożliwia modelowanie scenariuszy i ocenę skutków działań w wieloletniej perspektywie.

Geneza podejścia systemowego sięga końca XX wieku. Donella Meadows podkreślała znaczenie lokalizacji punktów dźwigni, gdzie drobna zmiana może wywołać znaczny efekt w całym systemie, a Russell Ackoff promował planowanie interaktywne i nieliniowe podejście do rozwiązywania problemów organizacyjnych i społecznych. Historyczne podstawy tych rozwiązań bazowały również na cybernetyce, która od lat 40. XX wieku (Norbert Wiener, Ross Ashby) dostarczyła modeli i języka opisu działania systemów złożonych — podkreślając rolę informacji, sterowania oraz sprzężeń zwrotnych. Cybernetyka umożliwiła naukowe opisywanie zjawisk dynamicznych i projektowanie interwencji w systemach społecznych, zdrowotnych i organizacyjnych.

2.1. Narzędzia

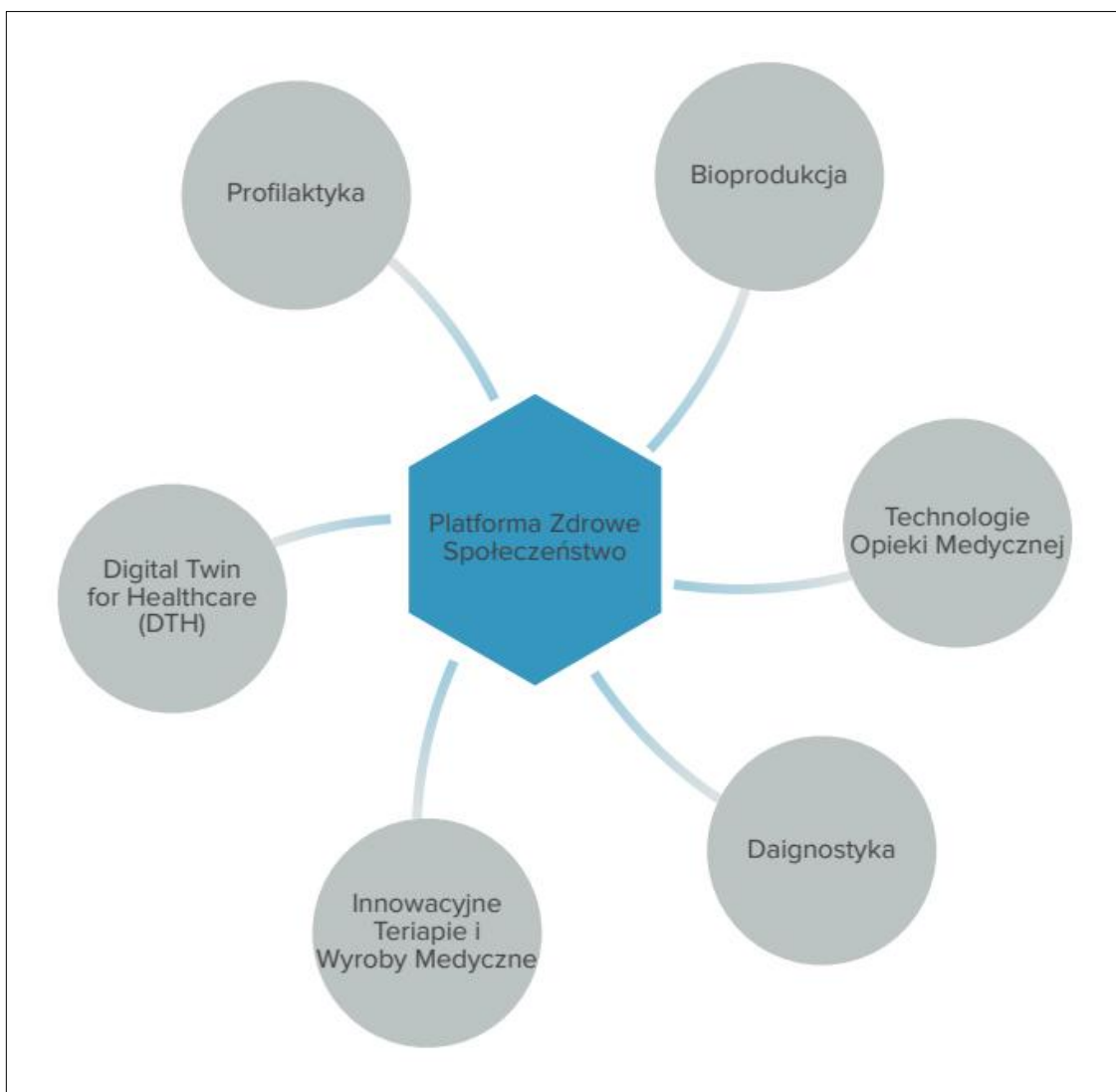
W poniższym raporcie użyto dwóch narzędzi podejścia systemowego. Pierwsze to System Dynamics — Stock and Flow Diagram, który pozwala modelować dynamikę zmian w całym ekosystemie, a także analizować wpływ różnych scenariuszy na poszczególne zasoby. Drugim narzędziem jest Causal Loop Diagram, czyli diagram sprzężeń zwrotnych, dzięki któremu można wizualizować złożone zależności przyczynowo-skutkowe w systemie oraz identyfikować kluczowe mechanizmy odpowiadające za występowanie problemów lub szansy na zmianę. Oba narzędzia stanowią podstawę do wspólnego modelowania strategii przez interesariuszy, ułatwiają analizę dynamiczną i prowadzą do lepszego zrozumienia nieoczywistych efektów proponowanych działań.

2.2. Ekosystem

Użycie metody analizy systemowej pozwala uzyskać głębsze zrozumienie dynamiki funkcjonowania całego ekosystemu jako jednej całości, a nie jako zbioru wyodrębnionych obszarów.

Małopolska Platforma Zdrowe Społeczeństwo to ekosystem złożony z sześciu obszarów: Cyfrowy Pacjent, Profilaktyka, Diagnostyka, Innowacyjne Terapie i Wyroby Medyczne, Technologie Opieki Medycznej, Bioprodukcja. Każdy z osobna oraz wszystkie razem służą jednemu celowi - Zdrowe Społeczeństwo.

Należy więc pamiętać, że technologia VHT sama w sobie nie jest celem, a jedynie środkiem do celu.



Rys. 0 – sześć obszarów strategicznych małopolskiej Platformy Specjalizacyjnej Zdrowe Społeczeństwo.

Za kluczowy wskaźnik świadczący o pozytywnym wpływie technologii VHT na osiągnięcie celu można uznać 'Jakość, skuteczność leczenia'.

3. Diagram zasobów i przepływów (Stock and Flow Diagram)

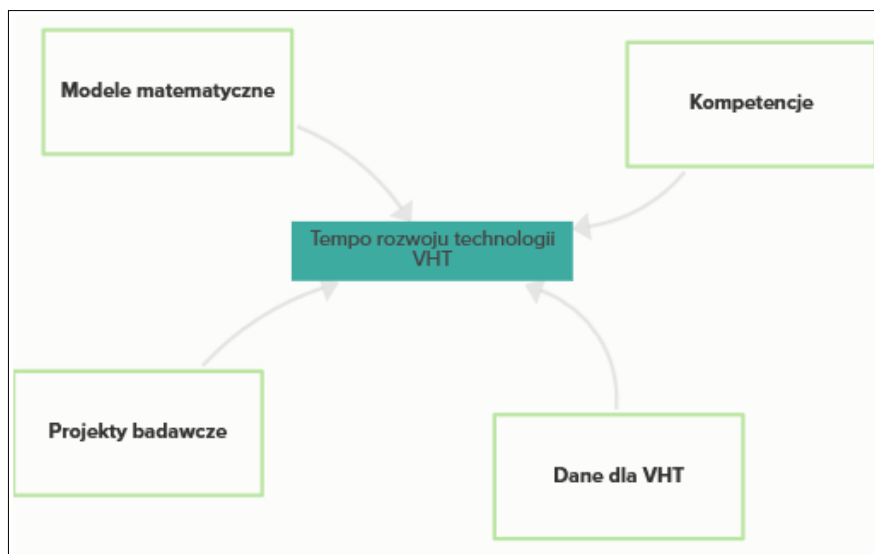
Metoda System Dynamics zakłada, że w każdym systemie mamy zasoby oraz przepływy między nimi. Zasób składa się z tych elementów systemu, które można policzyć lub zmierzyć.

Zidentyfikowaliśmy szereg zasobów w ekosystemie regionu Małopolska i zgrupowaliśmy je w trzy zbiory.

Rys. 1 przedstawia zasoby pierwszego rzędu, które najbardziej wpływają na rozwój VHT.

Są to:

- Kompetencje
- Projekty badawcze
- Dane dla VHT
- Modele matematyczne



Rys. 1 – zasoby pierwszego rzędu (prostokąty o zielonych bokach).

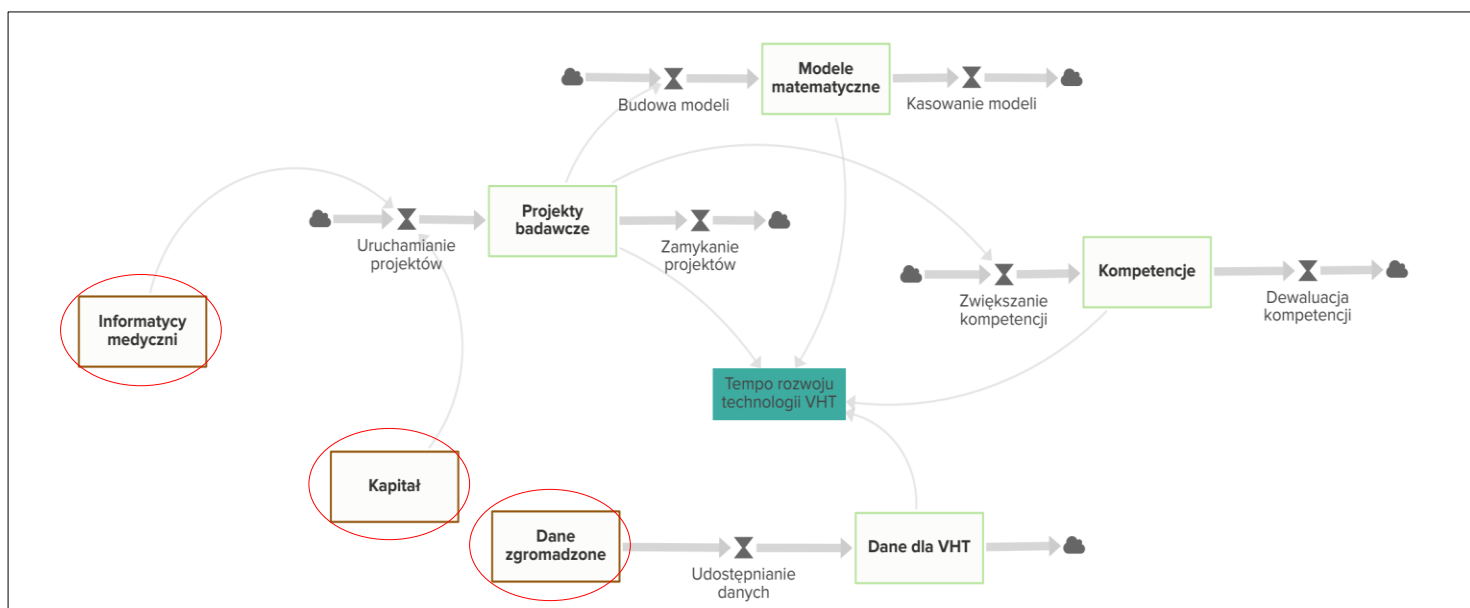
Dodatkowo zidentyfikowaliśmy zasoby drugiego rzędu – widoczne na Rys 2.

Są to:

- Informatycy med.
- Kapitał (finansowy)
- Dane zgromadzone (zgromadzone dane medyczne, ale niedostępne na potrzeby VHT)

Oprócz zasobów, mamy w systemie także przepływy odpowiedzialne za wpływy do oraz odpływy z zasobów. Każdy z zasobów jest z jednej strony zasilany odpowiednimi działaniami (wpływy), a z drugiej jest uszczuplany innymi działaniami (odpływy).

Przykładowo, projekty badawcze skutkują zasilaniem zarówno zasobu kompetencji jak i modeli matematycznych. Natomiast, zasilanie zasobu projekty badawcze jest możliwe dzięki zasobom drugiego rzędu – Kapitał oraz Informatycy medyczni.



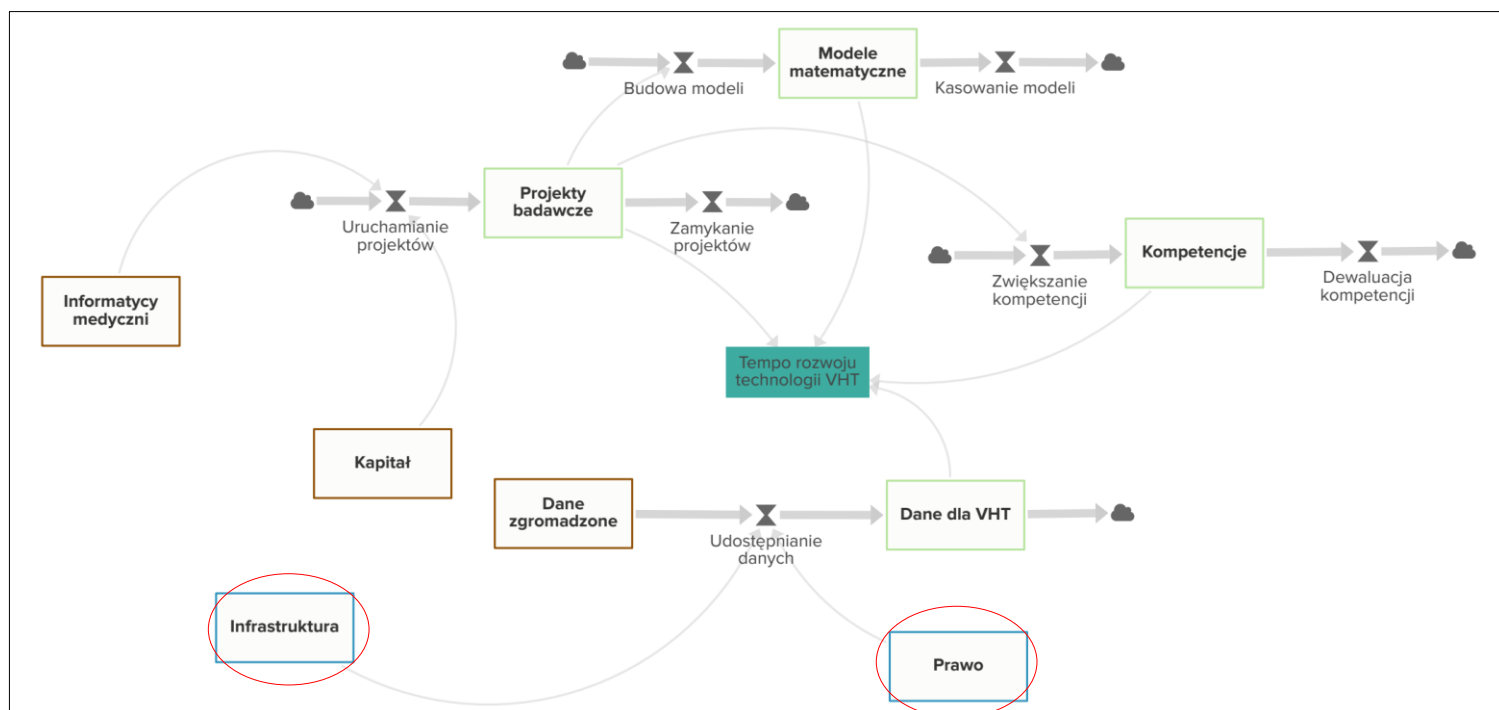
Rys. 2 – zasoby drugiego rzędu (prostokąty o brązowych bokach).

Uczestnicy warsztatów wskazali, że choć mamy już dużo zgromadzonych danych, to nie wszystkie są dostępne dla rozwoju technologii HDT. Przepływ danych z zasobu ‘Dane zgromadzone’ do zasobu ‘Dane dla VHT’ regulowany jest przez dwa inne zasoby trzeciego rzędu – Infrastruktura, Prawo.

Rys. 3 przedstawia zasoby trzeciego rzędu.

Są to:

- Prawo (regulacje i akty prawne)
- Infrastruktura



Rys. 3 – zasoby trzeciego rzędu (prostokąty o niebieskich bokach).

3.1. Pętle systemowe

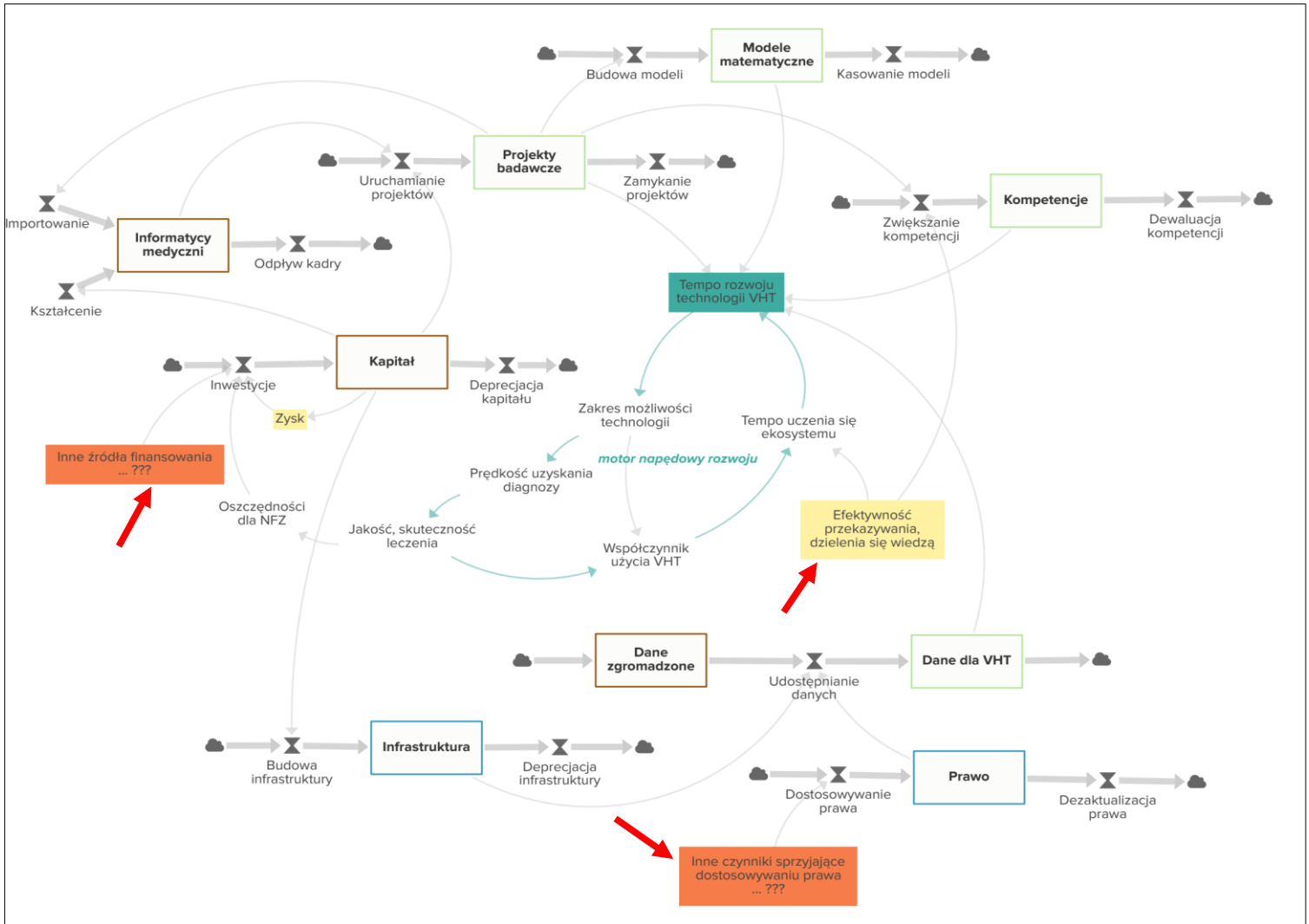
Pętle sprzężenia zwrotnego w systemach to mechanizmy, dzięki którym efekty działań w systemie wracają do jego wejścia i wpływają na jego dalsze funkcjonowanie — mogą stabilizować system (sprzężenie ujemne) lub wzmacniać zmiany (sprzężenie dodatnie). Zrozumienie, jak dana pętla działa, pozwala przewidywać konsekwencje interwencji: np. przez identyfikację, czy interwencja prowadzi do samoregulacji systemu czy do niekontrolowanego wzrostu lub spadku wartości kluczowych wskaźników.

Wiedza o funkcjonowaniu pętli pozwala podejmować decyzje uwzględniające dynamiczną naturę systemu — lepiej dobierać punkt interwencji, minimalizować efekty uboczne i wzmacniać pożądane zachowania systemu. Skuteczne korzystanie z tej wiedzy wymaga systematycznego śledzenia efektów, regularnej ewaluacji skuteczności interwencji i gotowości do korygowania działań, aby zwiększyć efektywność zmian i osiągnąć zamierzone cele.

3.1.1. Pętla 'Motor napędowy rozwoju'

Głównym czynnikiem wpływającym na wzrost tempa rozwoju technologii VHT jest tempo uczenia się całego ekosystemu. Tempo uczenia się potęgowane jest wzrostem współczynnika użycia VHT, a ten rośnie wraz ze wzrostem jakości, skuteczności leczenia. Wzrost jakości, skuteczności leczenia jest warunkowany wzrostem prędkości uzyskania diagnozy, co możemy osiągnąć zwiększając możliwości technologii VHT. Zwiększanie tych możliwości zależy od tempa rozwoju technologii VHT.

Powinniśmy się skupiać na udrażnianiu funkcjonowania pętli ‘Motor napędowy rozwoju’ (strzałki w kolorze zielonym) i usuwaniu wszelkich przeszkód ograniczających jej działanie. Kluczowym czynnikiem pozytywnie oddziaływającym na tę pętlę jest ‘Efektywność przekazywania, dzielenia się wiedzą’ – zaznaczony kolorem żółtym na Rys. 4.



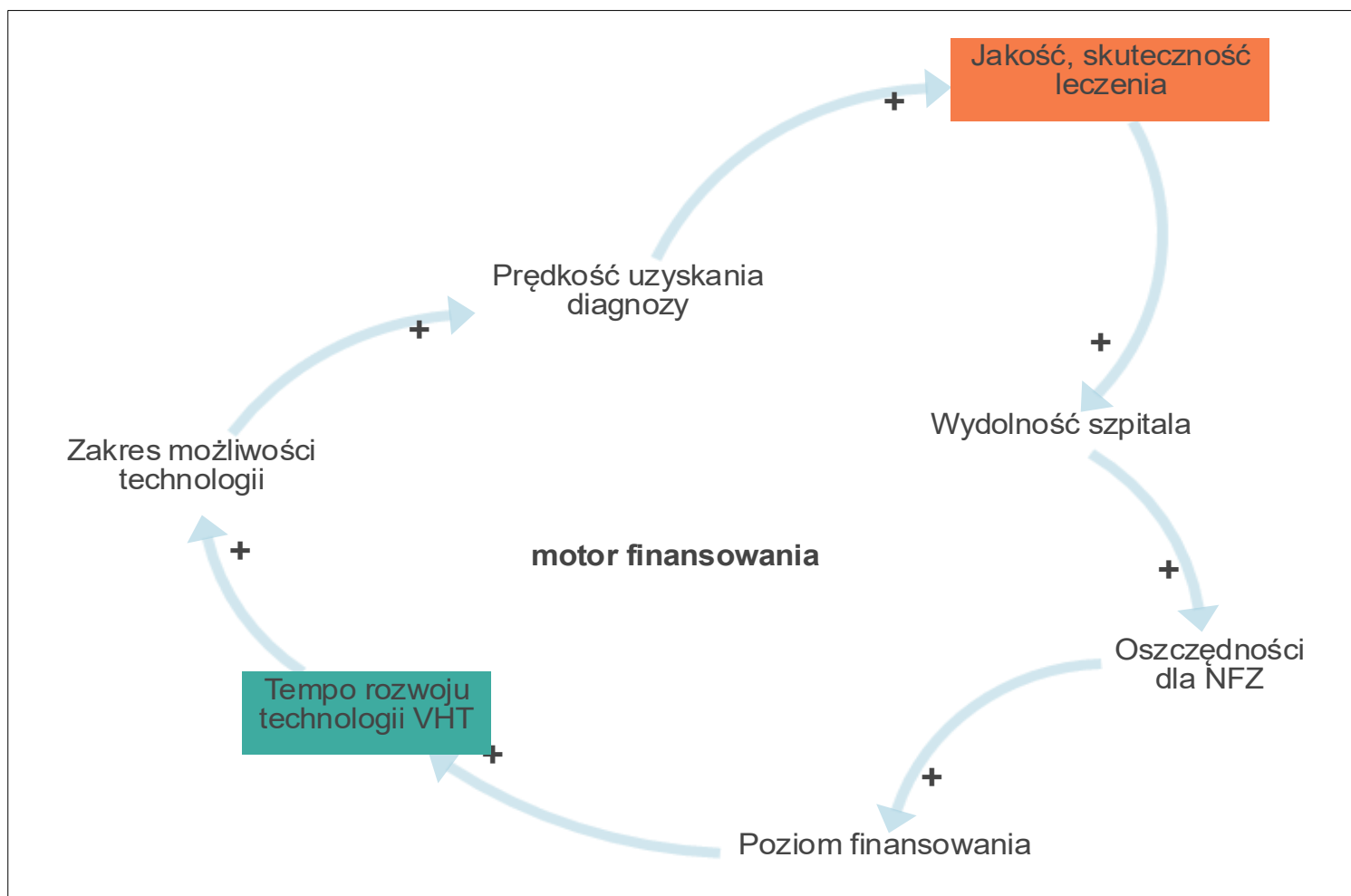
Rys. 4 – Diagram Stock and Flow dla ekosystemu VHT.

4. Causal Loop Diagram

Drugie z użytych narzędzi – Causal Loop Diagram pozwoliło zmapować szereg czynników wpływających na nasz kluczowy wskaźnik ‘Jakość, skuteczność leczenia’.

4.1. Motor finansowania

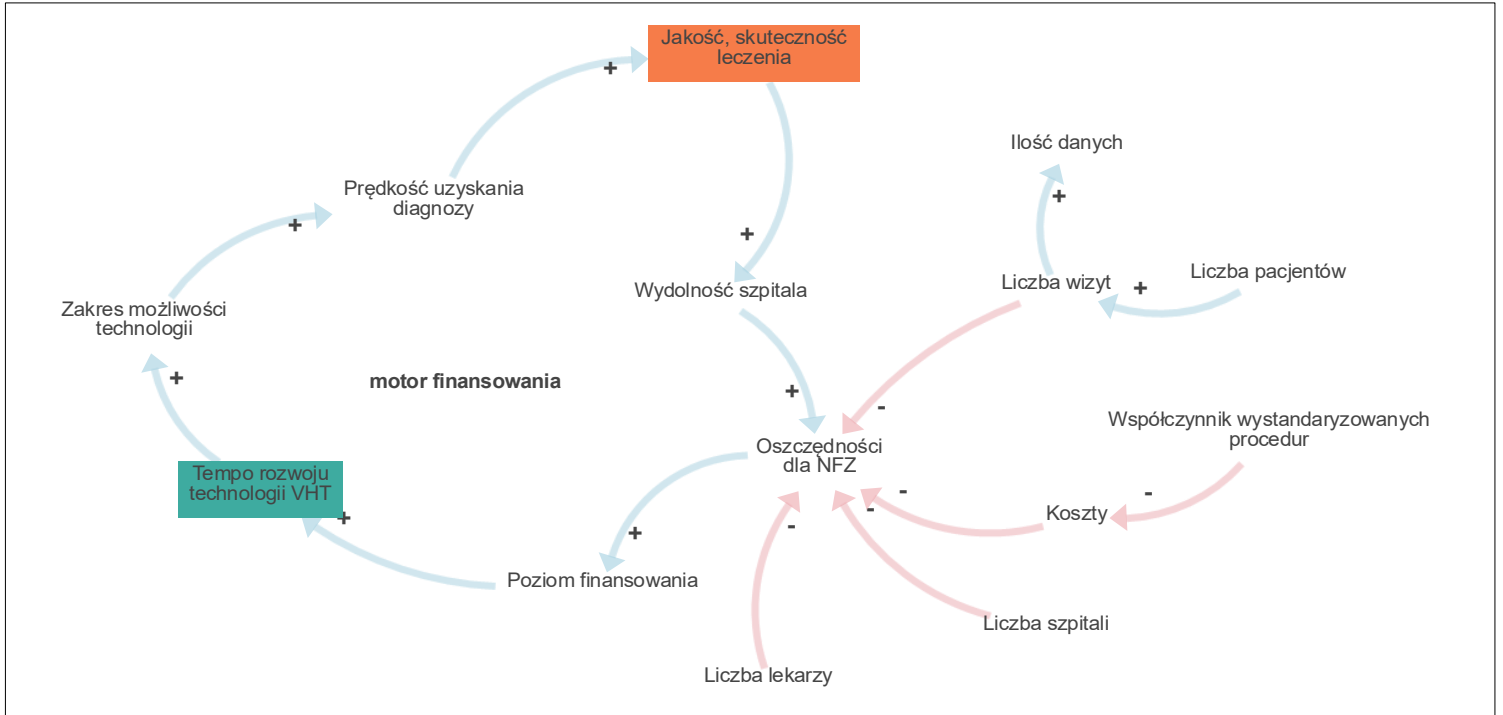
Rys. 5 pokazuje część tych czynników, które razem tworzą pętlę sprzężenia zwrotnego.



Rys. 5 – Causal Loop Diagram - pętla motoru finansowania.

Na każdą zmienną widoczną na Rys. 5, choć nie ukazane, wpływają inne zmienne. Z punktu widzenia finansowania rozbudowy technologii VHT, kluczowe są oszczędności dla NFZ, te wynikające z użycia tej technologii. Należy zauważyć, że na poziom oszczędności dla NFZ wpływa wiele innych czynników, które mogą warunkować poziom finansowania w technologii VHT.

Niektóre z tych pobocznych czynników wpływających na poziom oszczędności w NFZ pokazane są na Rys. 6.



Rys 6. – czynniki wpływające na poziom oszczędności dla NFZ (względem wydatków).

5. Wnioski

1. Stworzone modele (Rys.4, Rys.7) są zaledwie pierwszym rysem. Nie należy, pod żadnym pozorem, traktować ich jako kompletne. Prace nad urealnianiem i kompletowaniem tych modeli powinny być dalej kontynuowane przy zaangażowaniu przedstawicieli wszystkich grup interesariuszy całego ekosystemu regionu Małopolska. Systemowe podejście zakłada wspólne odkrywanie rzeczywistości w formie dialogu i integrowania różnych perspektyw. W wyniku tych rozmów powstaje model, który zawsze będzie tylko modelem, a nie realną rzeczywistością. Dlatego jest tak ważne, by wspólnie tworzyć go, używać jako podpowiedzi do podejmowania kolejnych decyzji oraz aktualizować go na podstawie uzyskanych obserwacji. To stanowi fundament dla tempa uczenia się ekosystemu, tego krytycznego czynnika zwiększającego tempo rozwoju technologii VHT.
2. ‘Efektywność przekazywania, dzielenia się wiedzą’ jest tym najważniejszym czynnikiem z punktu widzenia potencjalnych działań możliwych do podjęcia przez Urząd Marszałkowski oraz Life Science Kraków. To właśnie na ten czynnik mają największy i bezpośredni wpływ.
3. Nigdy wcześniej nie tworzyliśmy technologii VHT, a więc nikt nie ma wcześniejszego doświadczenia w takim przedsięwzięciu. To znaczy, że nie da się tego zaplanować. W takiej sytuacji adekwatnym podejściem jest to oparte o proces emergencji, czyli wspólnego, inkrementalnego odkrywania tego co działa. Takie podejście zwiększa tempo uczenia się ekosystemu – kluczowy czynnik w pętli ‘motor napędowy rozwoju’ (Rys. 4)
4. Kapitał (finansowy) odgrywa kluczową rolę. Umożliwia uruchamianie kolejnych projektów, warunkuje kształcenie nowej kadry specjalistów oraz pozwala na rozbudowę infrastruktury. Potrzebujemy poszukiwać nowych źródeł finansowania, które mogłyby zwiększać ten kapitał. Jednocześnie potrzebujemy zadbać o jak najszybszy efekt uzyskania oszczędności przez NFZ w związku z używaniem VHT. Podmioty będą skłonne inwestować w rozwój VHT gdy będą mogły liczyć na zwrot. I w tym względzie, potrzebujemy szukać sposobów na to jak zagwarantować im ten zwrot?
5. Uruchamianie kolejnych innowacyjnych projektów badawczych będzie skutkowało:
 - ściąganiem (importowaniem) informatyków medycznych
 - przyspieszeniem budowy nowych modeli matematycznych
 - wzrostem tempa rozwoju technologii VHT
 - zwiększaniem kompetencji
6. Na tempo rozwoju technologii VHT wpływ mają cztery kluczowe czynniki:
 - modele matematyczne
 - projekty badawcze
 - kompetencje
 - dane dla VHT

Potrzebujemy przyspieszyć prace nad dostosowaniem prawa, aby umożliwić udostępnianie zgromadzonych danych do VHT.

7. Zwiększanie kompetencji będzie możliwe nie tylko dzięki uruchamianiu kolejnych projektów, ale przede wszystkim dzięki efektywnemu przekazywaniu, dzieleniu się wiedzą. W tym celu potrzebujemy zbudować centralne miejsce współdzielenia się wszelkimi informacjami dotyczącymi rozwoju technologii VHT.
8. Jakość, skuteczność leczenia jest główną korzyścią na jakiej nam zależy. Wierzymy, że rozwój technologii VHT będzie miało znaczący wpływ na osiągnięcie tej korzyści. Należy jednak pamiętać, że na jakość skuteczność leczenia wpływa masa innych czynników. Te wszystkie czynniki tworzą sieć zależności i wpływów. Potrzebujemy zmapować całą sieć tych powiązań i zależności w jedną koherentną całość. Pierwsza próba stworzenia takiej mapy pokazana jest na Rys. 7. Nie należy jednak, pod żadnym pozorem, traktować jej jako kompletnej. Prace nad urealnianiem i kompletowaniem tej mapy powinny być dalej kontynuowane przy zaangażowaniu przedstawicieli wszystkich grup interesariuszy całego ekosystemu regionu Małopolska.

6. Bibliografia

Donella Meadows (2022) *"Myślenie Systemowe. Wprowadzenie"*

Gerald M. Weinberg (2011) "An Introduction to General Systems Thinking"

World Economic Forum (2026) *"A New Era for Digital Health: Abu Dhabi's Leap to Health Intelligence"*

Peter M. Senge (2012) *"Piąta dyscyplina. Teoria i praktyka organizacji uczących się"*

John D. Sterman (2000) *"Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World"*