

# SYSTEM KOMPUTEROWEGO WSPOMAGANIA PRZYGOTOWANIA RECEPTUR DO PRODUKCJI PIANEK POLIURETANOWYCH

## 1. Wstęp

Współczesne organizacje działają w złożonym, zmiennym i konkurencyjnym otoczeniu. Przedsiębiorstwa, chcąc przetrwać w takim środowisku, zmuszone są do podejmowania działań, które dotyczą m.in. lepszej obserwacji otoczenia, elastycznego i adaptacyjnego planowania, reinżynierii, tworzenia aliansów oraz jakościowego i kreatywnego podejmowania decyzji. Presja ze strony międzynarodowych organizacji, ulepszona technologia, wzrost globalnej komunikacji, powodują wzrost światowej konkurencji. Koncentruje się ona nie tylko na cenach, ale na jakości, poziomie usług, szybkości dostaw produktów i usług. Konkurencja, która do niedawna dotyczyła miasta, regionu czy państwa, dzisiaj w wielu przypadkach przyjmuje wymiar międzynarodowy, czy też globalny [4].

Wobec takich wyzwań podstawowym zadaniem formułowanym pod adresem rozwiązań informatycznych w zakresie wspomaganie zarządzania w przedsiębiorstwie jest zapewnienie wysokiej jakości informacji wykorzystywanych w procesach decyzyjnych. Oczekiwania użytkowników w tym względzie można ująć jako zestaw określonych cech uzyskiwanej informacji. Powinna ona być: wiarygodna, istotna z punktu widzenia użytkownika, przyswajalna, dostępna przy zachowaniu odpowiedniego czasu odpowiedzi, zapewniająca poufność dostępu oraz gwarantująca pełne bezpieczeństwo w przypadku awarii systemu [1].

Szczególne znaczenia nabiera budowa systemów informatycznych opartych o bazy danych wspomagających działalność firm, które na co dzień spotykają się z ogromną liczbą różnego rodzaju danych, np. w celu ułatwienia pracy technologom zajmującym się tworzeniem receptur technologicznych niezbędnych do procesu produkcji pianek poliuretanowych dla potrzeb branży meblarskiej (rys. 1). Niniejszy artykuł stanowi rozwinięcie oraz kontynuację publikacji [2, 9].



źródło: <http://www.zachem.com.pl/>



źródło: <http://www.pianki.pl/>

Rys. 1. Przykłady pianek poliuretanowych dla przemysłu meblarskiego

## 2. Znaczenie pianek poliuretanowych

Poliuretan (PUR lub PU) nazywany jest tworzywem o nieograniczonych możliwościach. Jest uniwersalny, a produkty z niego wykonane mogą być stosowane niemal we wszystkich dziedzinach życia, czyniąc je wygodniejszym i bezpieczniejszym. Poliuretan spotykany jest np. podczas uprawiania sportu (spody obuwnicze), odpoczynania (pianka w materacu, fotelu), prowadzenia samochodu (kierownica, siedzenia, deska rozdzielcza), w gospodarstwie domowym (lodówka), w pracy (obudowa komputera). Statystyki stwierdzają, że przeciętnie 200 tysięcy godzin całego życia człowiek spędza na materacach, sofach, fotelach i krzesłach. Jest to powód, aby meble takie jak łóżka, krzesła biurowe lub fotele były wykonane z materiałów najwyższej jakości. Pianka poliuretanowa, stanowiąca jeden z najważniejszych elementów tych mebli, może spełniać najwyższe wymagania związane z potrzebą komfortu, zadowolenia i poczucia estetyki [5].

## 3. Proces produkcyjny pianki poliuretanowej

Poliuretany to polimery o wszechstronnych właściwościach fizykochemicznych zależnych od metod ich wytwarzania. Otrzymywanie poliuretanów polega na reakcji poliestrów lub polieterów zawierających wolne grupy wodorotlenowe z izocyjanianem. Elastyczne pianki poliuretanowe powstają w wyniku reakcji poliestrów lub polieterów i izocyjanianów przy udziale wody (jako głównego czynnika dostarczającego gazu do spieniania mieszaniny) oraz dodatkowych środków pomocniczych takich jak: katalizatory, środki powierzchniowo czynne, porofory, wypełniacze, pigmenty, środki uniepalniające i inne [7].

Pianka poliuretanowa jest tworzywem sztucznym składającym się z komórek litego poliuretanu, który otacza pęcherzyki gazu, najczęściej dwutlenku węgla. Produkcja pianek poliuretanowych polega na tym, że ciekła mieszanina surowców o gęstości około 1000 kg/m<sup>3</sup>, w wyniku złożonych reakcji chemicznych, zwiększa swoją objętość nawet 60-krotnie, tworzy strukturę komórkową i staje się tworzywem o odpowiednich właściwościach fizyko-mechanicznych (twardość, gęstość, elastyczność, odporność na zrywanie, palność itp.). Cały ten proces trwa około dwóch minut i powoduje wzrost temperatury wewnątrz bloku nawet do 160° C [8].

Dla potrzeb przemysłu meblarskiego stosowaną metodą produkcji

jest produkcja pianki poliuretanowej w postaci bloków. W tym przypadku, pod głowicą mieszającą ustawia się ruchomy przenośnik. Przenośnik ma kształt koryta, często zamkniętego także od góry. Mieszanka reaktywna z poruszającą się wahadłowo głowicy jest wylewana na dno przenośnika wyłożonego antyadhezyjnym papierem, do którego pianka się nie przyczepia. Wzrost pianki jest ograniczony z trzech lub czterech stron przekroju. Spienianie tą metodą jest podobne do spieniania w formach zamkniętych i ma zalety tej metody. Pianka otrzymywana w długich blokach po dostatecznym utwardzeniu może być cięta na różne kształty, zależnie od przeznaczenia. Realizowane jest to na pojedynczych stanowiskach lub w liniach technologicznych (rys. 2-3), gdzie często stosuje się układ kilku lub kilkunastu głowic mieszających [5].

Według [7]: „przemysłowy sposób produkcji elastycznej pianki poliuretanowej odbywa się na agregatach spieniających. Dozowane w sposób ciągły do głowic mieszających agregatu substancje w stanie ciekłym, po wymieszaniu, są natychmiast wylewane na formę papierową umieszczoną na ruchomym transporterze. Zachodząca reakcja chemiczna powoduje wzrost pianki i przejście jej z fazy ciekłej w fazę stałą. Po kilku metrach od miejsca wylania pianka osiąga ostateczne wymiary. Przesuwający się na transporterze blok pianki poliuretanowej jest cięty na bloki kilkudziesięciometrowe i umieszczany jest w magazynie, w którym następuje ostateczne usieciowanie i dojrzewanie pianki. Po tym okresie bloki długie lub pocięte bloki krótkie (o żądanych wymiarach) są przekazywane do dalszego przerobu lub do sprzedaży. Dojrzałe bloki pianki poliuretanowej poddawane są obróbce głównie poprzez cięcie mechaniczne na odpowiednich urządzeniach tnących. W zależności od zastosowanej techniki cięcia otrzymywane są wyroby w postaci płyt tapicerskich, płyt w nawoju, kształtek, kształtek konturowych, granulatu lub – po dalszej obróbce – w postaci laminatów, laminatów samoprzylepnych, kompletów meblarskich”.

Przykładem może być technologia Maxfoam, która jest technologią podstawową w produkcji pianki poliuretanowej we wszystkich krajach. Jest to tzw. technologia niskociśnieniowa. Wszystkie surowce są dozowane do komory

mieszającej poprzez system pomp w odpowiedniej ilości. Tam następuje dokładne wymieszanie pod ciśnieniem 2,5 bar przy prędkości 4200 obr/min miksera i wylanie do koryta. Wymieszana substancja wypływa z koryta do tunelu, który jest wyłożony od dołu i góry papierem z folią, a po bokach papierem workowym (rys. 3). W tunelu znajduje się transporter klepkowy, który porusza się z odpowiednią prędkością [3].

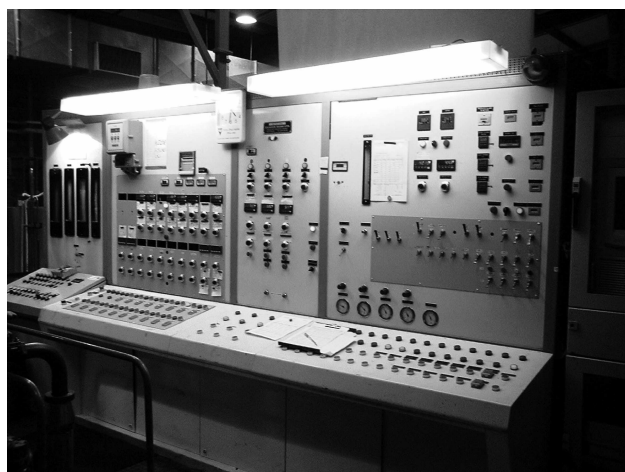
W zależności od rodzaju i ilości użytych surowców podstawowych powstają pianki o odpowiednich właściwościach fizykochemicznych i odpowiednim przeznaczeniu (komfort, technika). Rodzaj zastosowanych środków pomocniczych decyduje o specyficznych właściwościach pianek: pianki samogasnące, pianki uniepalnione, pianki z wybielaczem optycznym, pianki o nieregularnej strukturze, pianki o polepszonych właściwościach zgrzewalności oraz inne [7].

W Polsce produkcja wielu typów pianki poliuretanowych rośnie z roku na rok, ale z uwagi na ceny urządzeń i komponentów nie jest jeszcze powszechna jak w Europie Zachodniej czy Stanach Zjednoczonych.

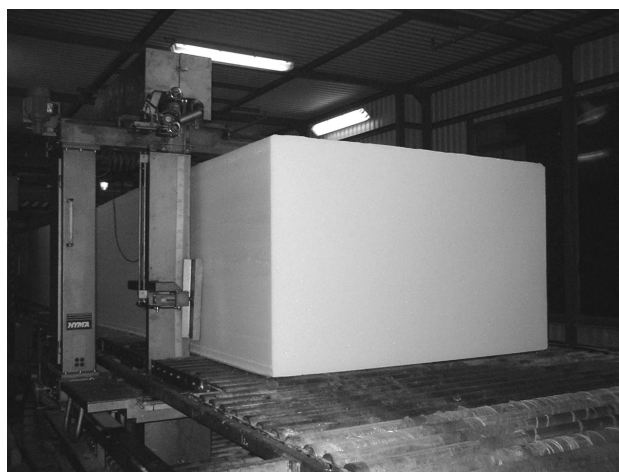
#### 4. Wymagania stawiane systemom komputerowym wspomagającym pracę technologów w branży produkcji pianek poliuretanowych

Technolog, wiedząc, jaki rodzaj piany będzie produkowany danego dnia (wynika to z planu produkcji), tworzy recepturę technologiczną na produkcję tej piany, wprowadzając zazwyczaj przy pomocy arkusza kalkulacyjnego potrzebne dane, w celu uzyskania żądanych dla danego typu piany właściwych jej parametrów, a mianowicie przede wszystkim:

- listę surowców wraz z niektórymi udziałami wagowymi – podstawowym surowcem jest polioliol, mieszaniny z polioliem, TDI (izocjanian), woda, niezbędne środki pomocnicze (katalizatory, stabilizatory, emulgatory, porofory, antypireny, rozpuszczalniki, środki barwiące),
- prędkość transportera,
- liczba bloków do wyprodukowania, lub liczba metrów bieżących,
- sumaryczną masę piany do wyprodukowania.



Rys. 2. Pulpit sterowniczy umożliwiający sterowanie trzema procesami spieniania [3]



Rys. 3. Kształt bloku wychodzącego z tunelu produkcyjnego [3]

Niektóre zależności obciążone są regułami obliczeniowymi, np. stosunek wody do TDI. Pozostałe surowce dobierane są jedynie według decyzji technologa. W dalszej kolejności należy określić rzeczywisty wydatek. Wydatki rzeczywiste strumieni (pomp tłoczących surowce) przeliczane są przez krzywe kalibracji pomp, co daje nastawy na pompach. Kalibracje są odświeżane co jakiś czas, tj. jedno raz na kwartał inne raz na rok. Dla potrzeb przekazywania danych do systemu nadrzędnego ERP należy wydzielić z mieszanin poszczególne surowce. Do tego służy arkusz z mieszaninami. System ERP automatycznie zdejmuje surowiec z magazynu. Robi to, sumując kilogramy piany w danej partii, i przelicza na podstawie danych o ilości surowca na wyprodukowanie 1 kilogram pianki.

Trzeba zaznaczyć, iż receptury są ciągle modyfikowane i ulepszone. Produkcja pianki poliuretanowej nie należy bowiem do łatwych, ponieważ ważną rolę odgrywają tu czynniki zewnętrzne, takie jak ciśnienie czy temperatura, które wpływają na niestabilność parametrów produkowanej pianki. Wynikiem obliczeń końcowych są udziały wagowe wszystkich surowców, wartości nastaw na maszynie spieniającej oraz informacje na temat zużycia surowców. Technolog ma do dyspozycji dane z badań laboratoryjnych wyprodukowanej poprzednio pianki oraz arkusze raportów produkcyjnych, które służą mu do podejmowania decyzji przy opracowywaniu ulepszonych receptur. Informacje te są rozproszone w różnych plikach danych na komputerze bądź w segregatorze i zazwyczaj wymagają dodatkowego przetworzenia. Istnieje zatem potrzeba kompletnego narzędzia i zintegrowanego dla technologa, które powinno posiadać:

- pełną listę stosowanych surowców z możliwością ich dopisywania i usuwania (w bazie surowców powinny być liczby hydroksylowe oraz zawartość wody w surowcach lub mieszaninach i na tej podstawie powinny się wyliczać ich udziały w recepturze),
- pełną listę mieszanin tworzoną przez zestawienie danych surowców wchodzących w ich skład, z podaniem procentowych udziałów poszczególnych surowców na 1 kg mieszaniny z możliwością ich dopisywania i usuwania,
- pełną listę pomp (strumieni) podających surowiec wraz z ich kalibracjami, tj. nastawami na potencjometrze w stosunku do wydatku rzeczywistego w kg/min (tzw. krzywe kalibracji), z datą wykonania kalibracji,
- pełną listę produkowanych pian z możliwością ich dopisywania i usuwania,
- tabelę bieżących receptur produkcyjnych (na dany dzień),
- pełną listę receptur bazowych (podstawowych, które tworzą bazę wiedzy o składnikach receptury na produkcję konkretnego typu pianki). Powinna przy tym istnieć możliwość zapisania receptury bieżącej produkcyjnej jako nowej receptury bazowej dla danej pianki. Technolog przygotowuje bowiem recepturę na dany dzień i nierzadko wprowadza zmiany w stosunku do poprzedniej receptury, np. wprowadza inny surowiec, zwiększa wydajność. Po takiej modyfikacji wskazane by było zapisanie receptury bieżącej jako receptury bazowej. Dane powinny się aktualizować z adnotacją, kto i kiedy dokonał zmiany, a stara wersja przechodzi do archiwum receptur bazowych.

Proces tworzenia receptur z pomocą takiego narzędzia powinien wyglądać następująco:

- tworząc recepturę na daną pianę w dany dzień technolog nadaje jej numer partii, numer zlecenia produkcyjnego. Następnie podaje typ produkowanej piany, co powoduje pobranie danych z receptury bazowej tego właśnie typu,
- mając taką recepturę technolog wprowadza korekty w udziałach wagowych,
- automatycznie powinny być liczone następujące wielkości: po pierwsze na bazie odpowiednio skonfigurowanych surowców system powinien zliczyć całkowitą ilość zastosowanego polioliu,
- udziały surowców pozostałych są wpisywane ręcznie,
- istnieje możliwość dodania surowca, jego usunięcia lub podmiany,
- po takim skorygowaniu receptury system wylicza czas produkcji,
- następnie należy podać tzw. indeks wydajnościowy (miernik zużycia surowców w procesie i zarazem przelicznik do wyznaczenia rzeczywistego wydatku poszczególnych strumieni w kg/min), przez który wyliczone zostaną rzeczywiste wydatki na pompach (strumieniach). System powinien wyliczyć, biorąc pod uwagę ten indeks, wydatki poszczególnych strumieni,
- kolejną operacją jest pobieranie z charakterystyk pomp danych o nastawach potencjometrów, dla których powinny zostać uzyskane żądane wydatki,
- następną operacją jest wyliczenie wydatków na teoretyczny 1 kg wyprodukowanej pianki,
- tak przygotowana receptura jest zapamiętywana pod numerem partii z nazwiskiem autora,
- kolejnym krokiem jest jej wydruk, który jest sygnałem do utworzenia w bazie danych miejsca do wpisywania raportów produkcyjnych oraz laboratoryjnych.

##### **5. Opis aplikacji systemu komputerowego do tworzenia receptur oraz wprowadzania wyników laboratoryjnych**

Opracowany został prototypowy system komputerowy o powyższej funkcjonalności i przetestowany w firmie zajmującej się wytwarzaniem pian poliuretanowych dla branży meblarskiej. Głównym jego zadaniem jest umożliwienie technologowi zapisu podstawowych informacji o właściwościach surowców potrzebnych do produkcji pianki, generowanie receptury i przeglądanie raportów laboratoryjnych oraz produkcyjnych, co jest pomocne do opracowywania lepszych receptur. Wygenerowana receptura jest jednocześnie informacją dla operatora maszyny spieniającej, jakie nastawy musi poczynić na pompach dozujących surowiec, aby wyprodukowana została piana określonego typu.

Opracowany system komputerowy zawiera informacje dotyczące tego, jakie są podstawowe udziały wagowe surowców chemicznych oraz parametry techniczne pianek poliuretanowych w postaci receptur bazowych. Dane te wprowadzane są do systemu po przeprowadzeniu testów lub wykonaniu zmian w udziałach surowców. Na bazie tych informacji tworzone są tzw. receptury bieżące na dany dzień. Dla każdej receptury bazowej pojedynczej pianki baza systemu zawiera następujące elementy:

- identyfikator pianki poliuretanowej,
- skład surowców chemicznych wraz z ich parametrami (np. liczba hydroksylowa),
- zestaw głównych parametrów technicznych (np. zawartość całkowita wody, średnia liczba hydroksylowa, ilość powietrza, ciśnienie w komorze mieszania, liczba obrotów mieszadła na minutę, rozstaw ścian, szerokość papieru).

Nieprawidłowe określenie własności pianki poliuretanowej, np. poprzez zdefiniowanie błędnego udziału wagowego czy też zawartości wody w surowcu, powoduje, że można otrzymać piankę niezgodną z oczekiwanymi parametrami (np. zbyt twardą, kruchą lub też niewyrośniętą czy też palną). Opracowany program komputerowy stanowi zaawansowany kalkulator receptur, który funkcjonuje na podstawie zadanego składu surowcowego i wylicza udziały TDI oraz wody, nastawy na maszynie spieniającej, poziom zużycia surowców.

Aplikacja opracowana została w środowisku MS Access, które stanowi interfejs użytkownika i lokalną bazę indywidualnych danych obliczeniowych. Do przechowywania danych służy baza danych oparta o MS SQL Server. Wszelkie przekazywane informacje, czy to z obszaru laboratorium, z obszaru technologów, czy też z obszaru produkcji, przekazywane są do serwera bazy danych systemu komputerowego, gdzie są odpowiednio modyfikowane i przetwarzane w momencie zapytania ze strony technologa. Dla każdego obszaru została zaproponowana odpowiednia funkcjonalność aplikacji systemu komputerowego (rys. 4).

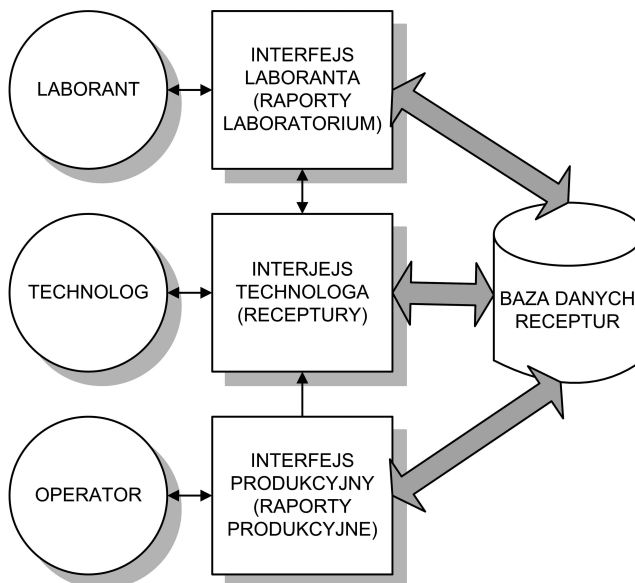
### 6. Funkcje prototypowego systemu komputerowego wspomagającego pracę technologów w branży produkcji pianek poliuretanowych

Zaproponowany system komputerowy pozwala na dostęp do swojej funkcjonalności jedynie osobom do tego upoważnionym. Przed korzystaniem z funkcji trzeba podać hasło i nazwę użytkownika. Po poprawnym zalogowaniu się pojawia się okienko panela głównego (rys. 5). W zależności od uprawnień, użytkownik ma dostęp do wybranych funkcji. Użytkownik ma do dyspozycji menu główne (rys. 6) umożliwiające wpisanie danych konfiguracyjnych („Konfiguracja”), użytkowników z hasłami („Hasła”), zarządzanie danymi podstawowymi („Kolory”, „Mieszanki”, „Pianki”, „Strumienie”, „Surowce”) oraz narzędzie do poszukiwania danych („Szukaj”).

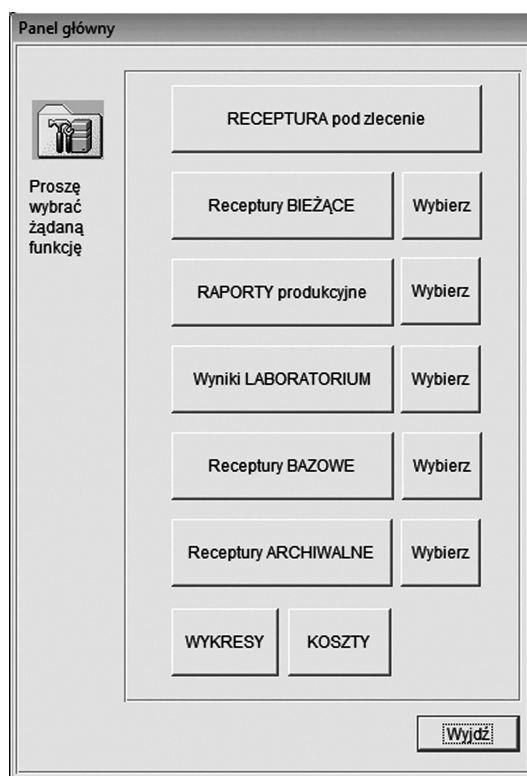
W systemie istnieją następujące uprawnienia:

- Laborant – dostęp do funkcji „Wyniki LABORATORIUM” panela głównego,
- Administrator – dostęp do wszystkich funkcji panela głównego oraz menu głównego,
- Operator – dostęp do funkcji „RAPORTY produkcyjne” panela głównego,
- Technolog – dostęp do wszystkich funkcji panela głównego oraz menu głównego z wyjątkiem zarządzania hasłami.

Funkcja „Pianki” (menu główne) służy do wprowadzania typu pianki, stałych współczynników potrzebnych do przeliczeń recepturowych oraz możliwych kolorów pianki (rys. 7). Ma do niego dostęp jedynie osoba o uprawnieniach „Technolog” lub „Administrator”.



Rys. 4. Schemat blokowy funkcjonalności systemu do wspomaganie procesu przygotowywania receptur technologicznych do produkcji pianek poliuretanowych [9]

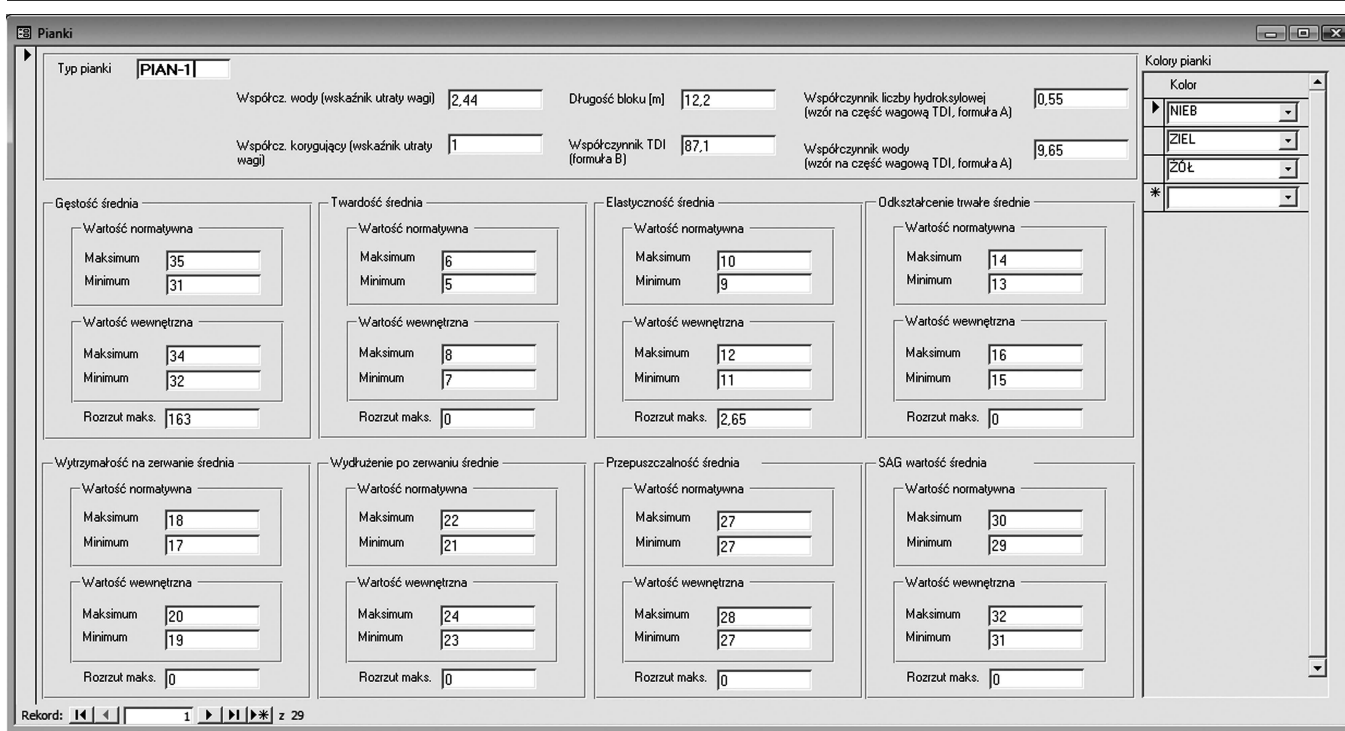


Rys. 5. Panel główny systemu



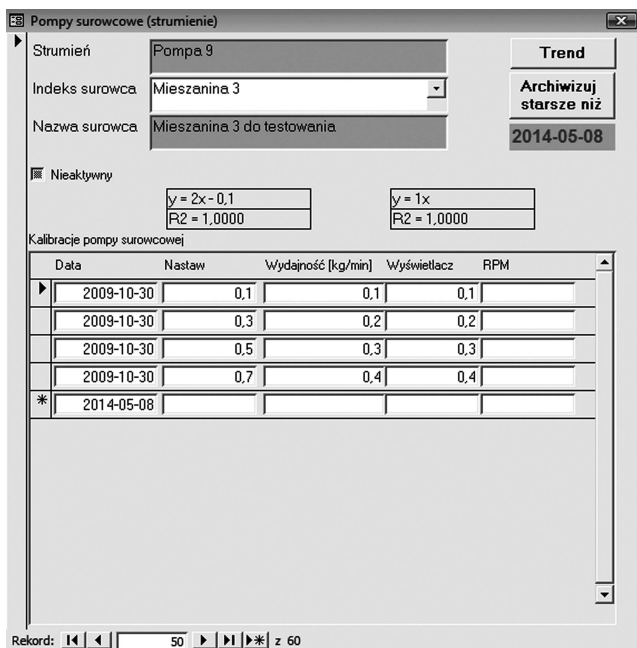
Rys. 6. Menu główne systemu





Rys. 7. Funkcja „Pianki” z możliwością definiowania danych produkowanych pian

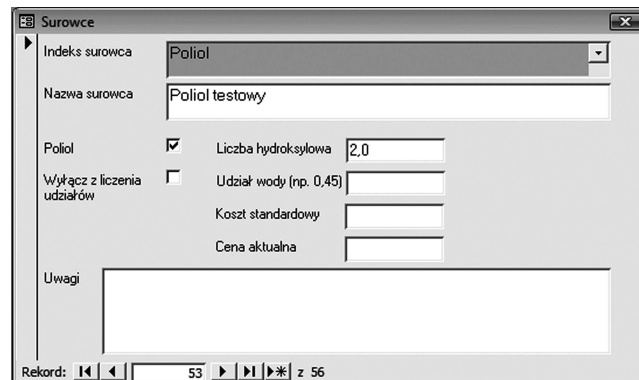
Funkcja „Strumienie” (menu główne) służy do wprowadzania nazwy strumienia, przypisania do niego indeksu surowca wraz z jego nazwą, a także definiowania kalibracji pompy surowcowej (rys. 8). Strumień oznacza przypisany do pompy surowiec wchodzący w skład produkowanej piany. Ma do niej dostęp jedynie osoba o uprawnieniach „Technolog” lub „Administrator”. Istnieje możliwość archiwizacji kalibracji pomp wprowadzonych przed podaną datą (klawisz „Archiwizuj starsze niż”). Klawisz „Trend” służy do bieżącego przeliczenia wzorów na wykres trendu, gdy użytkownik zmieni dane kalibracji.



Rys. 8. Funkcja „Strumienie” umożliwiająca definicję strumieni wraz z kalibracją pomp dozujących surowce

Funkcja „Surowce” (menu główne) służy do wprowadzania nazwy surowca, definiowania jego typu („Poliol”), czy ma być włączany w przeliczenie współczynnika utraty masy („Wyłącz z liczenia udziałów”), określania jego liczby hydroksylowej oraz udziału wody i dodatkowych uwag (rys. 9). Ma do niego dostęp jedynie osoba o uprawnieniach „Technolog” lub „Administrator”.

Funkcja „Mieszaniny” (menu główne) służy do definiowania nazwy mieszaniny z poliiolem, jej składu oraz udziałów poszczególnych składników w mieszaninie (rys. 10). Kontrolowana jest suma udziałów (klawisz „Sprawdź” służy do sprawdzenia sumy udziałów). Ma do niego dostęp jedynie osoba o uprawnieniach „Technolog” lub „Administrator”. Głównym narzędziem technologa jest arkusz receptury bieżącej, w którym ustala on liczbę oraz rodzaj wykorzystywanych surowców do produkcji konkretnego typu piany (rys. 11). Identyfikuje ona piankę poprzez jej typ, datę produkcji, oznaczenie wersji receptury oraz listę partii produkcyjnych, z których każda charakteryzuje się kolorem, nr zlecenia oraz liczbą bloków (lub liczbą metrów bieżących).



Rys. 9. Funkcja „Surowce” umożliwiająca definicję bazy danych surowców

Użytkownik tworząc recepturę wybiera z listy strumień i dokłada go do listy surowców receptury. Po edycji danych (białe pola tekstowe służą do wprowadzania danych, zaś szare są niedostępne do edycji), przy pomocy klawisza „Przelicz”, powoduje uruchomienie działania zaawansowanego kalkulatora recepturowego i uaktualnienie danych obliczeniowych. Przy pomocy klawisza „Zapisz jako recepturę bazową” można zapisać recepturę bieżącą jako bazową. Klawisz „Drukuj” służy do wydruku bieżącej receptury. Po wydruku receptura staje się zablokowana do edycji, a możliwe

Rys. 10. Funkcja „Mieszanie” umożliwiająca definiowanie surowców będących mieszaniną kilku surowców

staje się zapisywanie wyników laboratoryjnych oraz raportu produkcyjnego. Klawisz lupy służy do podglądu wydruku przed wydrukowaniem receptury oraz po jej wydruku (rys. 12). Klawisz „Poprzednie dane” powoduje wyświetlenie listy 5 ostatnich przetworzonych wyników laboratoryjnych dla danej receptury bieżącej wraz z 5 ostatnimi przetworzonymi raportami produkcyjnymi. Narzędzie to służy do śledzenia zmian w udziale surowców, aby utworzyć lepszą recepturę (rys. 13). Opcja „Kal” (kalibracja – w liście surowców) służy do zaznaczenia, czy wartość nastawu pompy, czy też wartość wyświetlacza, ma być pobierana z danych kalibracji pompy surowcowej. Kolumna „Nastaw” zawiera wartość wyliczoną z charakterystyki pompy, czyli mówi o tym, jaki nastaw musi być poczyniony na pompie, aby otrzymać wydajność z kolumny „Wydaj.” (wydajność). Operator maszyny spieniającej wykorzystuje wartość nastawu, jeśli strumień nie ma przepływomierza. Kolumna „Wyśw.” (wyświetlacz) zawiera wartość wyliczoną z charakterystyki pompy, która mówi o tym, jaka wartość wyświetlacza musi być na pompie, aby otrzymać wydajność z kolumny „Wydaj.” (wydajność). Operator maszyny spieniającej wykorzystuje tę wartość, jeżeli strumień posiada przepływomierz. Pod względem wyznaczania wydajności rzeczywistych to strumień sumaryczny (pole „Wydaj.”) wpływający z głowicy (wartość podawana jest w kg/min) jest wskaźnikiem do wyliczenia wydatków poszczególnych pomp. Dlatego też technolog wpisuje oczekiwany „wydatek całkowity” (wydajność sumaryczna).

Strumień	Indeks surowca	Nazwa surowca	L. hydr.	Cz. wag.	Wydaj.	Nastaw	Kal	Wsp.	Wyśw.	Kal	Uwagi	Zużycie	Udziały Sc.
Pompa 1	Poliol	Poliol testowy	2,0	99,300	167,88	167,88	✓	0		✓		21 652	0,83939
Pompa 7	Mieszanie 1	Mieszanie 1 testowa	1,2	1,500	2,54	5,07	✓	0		✓		327	0,01268
Pompa 8	Mieszanie 2	Mieszanie 2 testowa	2,3	2,000	3,38	2,88	✓	0		✓		436	0,01691
Pompa 9	Mieszanie 3	Mieszanie 3 do testowania	2,5	2,300	3,89		✓	0	3,89	✓		501	0,01944
Pompa 2	Izocyjanian	Izocyjanian testowy	0,0	2,500	4,23	3,23	✓	0		✓		545	0,02113
Pompa 3	Woda	Woda przemysłowa	0,0	2,400	4,06	0,06	✓	0		✓		523	0,02029
Pompa 4	Katalizator 1	Katalizator 1 testowy	0,0	1,100	1,86	1,86	✓	0		✓		240	0,00930
Pompa 5	Katalizator 2	Katalizator 2 testowy	0,0	2,100	3,55		✓	0	3,55	✓		458	0,01775
Pompa 10	Katalizator 3	Katalizator 3 do testów	0,0	3,100	5,24		✓	0	5,24	✓		676	0,02620
Pompa 6	Barwnik 1	Barwnik 1 testowy	0,0	2,000	3,38	0,27	✓	0		✓		436	0,01691
*							✓			✓			

Rys. 11. Arkusz receptury bieżącej do produkcji pianki poliuretanowej

**KARTA RECEPTUR**  
**PIAN-1-2**

<b>PIAN-1</b>		Nr partii	
Data prod. 2009-10-29		NIEB 0000000121	10
Ilość bloków 10B+15Z+ 37		ZIEL 0000000122	15
Symbol 3C 129 min		ZOL 0000000123	12

Summe:	Cz. wag.	Wydaj.	Nastaw.	Wyświetlac.	Nastaw.	Odczyt	Temp.sur.	Zużycie	Uwagi
Pompa 1	2.0	100,000	168,07					21 676	
Pompa 7	1.2	1,500	5,04					325	
Pompa 8	2.3	2,000	2,86					0,01261	
Pompa 9	2.5	2,300	3,87	3,87				434	
Pompa 2	0.0	2,500	3,20					0,01681	
Pompa 3	0.0	2,400	0,03					493	
Pompa 4	0.0	1,100	1,85					0,01533	
Pompa 5	0.0	2,100	3,53	3,53				542	
Pompa 10	0.0	3,100	5,21	5,21				0,02101	
Pompa 6	0.0	2,000	0,26					520	
Razem:		119,000	200,00					0,02017	
Razem:		238,000	200,00					238	

Pr. transportera [m/min]:	3,5	3,49 - 3,91 (nastaw 7,12)	Pozycja koryta:	722
Wysokość bloku [cm]:	129		Płyta 1:	200
Ilość powietrza:	900		Płyta 2:	300
Ciśn. w kom. mieszania:	2		Płyta 3:	400
Obroty mieszadła:	5000		Płyta 4:	500
Pełny wzrost na metrze:	4,2			

Suma polioli [%]:	100	Dwelltime:	23
Śr. liczba hydr.:	2,0	Ciśn. atm.:	1000
Indeks TDI:	102	Wilg.:	45
Woda całk.:	1,0	Poz. fot.:	13900
Ind. wydajności:	168,07	Sz.p.gór.:	324
Wskaźn utr.wagi:	1	Sz.p.dol.:	213

Produkcja w górnych zakresach prędkości 3,49 - 3,91

Gęstość pozorna:		Start produkcji:		Czas produkcji:		Dług. produkcji:		Data: 2009-10-29 / 11:02
Twardość:								Opracował/a: Technolog

Rys. 12. Podgląd wydruku receptury bieżącej

System w sposób kompleksowy i odpowiednio przetworzony pokazuje dane z raportów i wyników badań laboratoryjnych – dla określonego typu piany – z 5 ostatnich spienień (od najmłodszego do najstarszego). Na bazie danych z raportu spieniania (wartości rzeczywistych nastaw, bądź wyświetlaczy) wylicza rzeczywiste części wagowe, z jakimi realizowana jest receptura na produkcji. Rysunek 13. pokazuje ten zintegrowany raport. Klawisz „Prod.” (produkcja) powoduje wyświetlenie raportu produkcyjnego sporządzonego w danym dniu (rys. 14), a klawisz „Labor.” (laboratorium) powoduje wyświetlenie wyników laboratoryjnych sporządzonych w danym dniu (rys. 15). Narzędzie to jest bardzo istotne i pomocne dla technologa. Na przykład, technolog drukuje recepturę, na której jest pewien nastaw aminy oraz pewne wskazanie przepływomierza wody i przekazuje ją operatorom na produkcji. Patrząc jednak na późniejszy raport produkcyjny, technolog podejmuje decyzję: wartość nastawu aminy należy zmniejszyć, a wartość przepływu wody ustawić na określoną wyższą wartość i powstaje w ten sposób nowa receptura bazowa. Te właśnie dane trafiają na raport. Narzędzie to wylicza rzeczywiste części wagowe na bazie nastaw wpisanych w raporcie produkcyjnym i dzięki temu jest odpowiednie do oceny zmian w recepturze. Technolog ma rzeczywistą, realizowaną recepturę w częściach wagowych i połączone z nią wyniki badań. Bez wsparcia komputerowego technolo- dzy, na bazie własnego doświadczenia, wiedzą, że przestawienie potencjometru wody o pewną wartość daje określony efekt wydajnościowy.

Strumień			2009-10-29	2009-11-02	2009-11-03	2009-11-04	2009-11-05
Pompa 1	Poliol	Poliol testowy	99,311	99,307	99,309	99,307	99,309
Pompa 7	Mieszanina 1	Mieszanina 1 testowa	1,486	1,484	1,48	1,507	1,484
Pompa 8	Mieszanina 2	Mieszanina 2 testowa	1,968	1,979	1,976	1,981	1,974
Pompa 9	Mieszanina 3	Mieszanina 3 do testowania	2,286	2,271	2,291	2,287	2,267
Pompa 2	Izocyjanian	Izocyjanian testowy	2,482	2,474	2,489	2,503	2,482
Pompa 3	Woda	Woda przemysłowa	2,375	2,368	2,382	2,403	2,382
Pompa 4	Katalizator 1	Katalizator 1 testowy	1,093	1,084	1,097	1,097	1,082
Pompa 5	Katalizator 2	Katalizator 2 testowy	2,086	2,073	2,087	2,112	2,086
Pompa 10	Katalizator 3	Katalizator 3 do testów	3,073	3,063	3,078	3,103	3,091
Pompa 6	Barwnik 1	Barwnik 1 testowy	2,129	2,122	2,125	2,138	2,177
Indeks TDI			0	0	0	0	0
Suma wydajności			200,19	200,72	200,63	199,65	200,21

	Prod.	Prod.	Prod.	Prod.	Prod.
	Labor.	Labor.	Labor.	Labor.	Labor.
Średnia gęstość	33	32,34	32,21	32,45	32,36
Rozrzut gęstość	3,61	100,34	100,28	100,15	0,93
Średnia twardość	4,26	4,19	4,15	4,22	4,26
Rozrzut twardość	4,93	100,48	100,96	100,24	4,93
Ciśnienie	1004	1005	1001	1003	1002
Wilgotność	32	36	36	32	34
Uwagi	Dane testow				

Rys. 13. Podgląd historii 5 ostatnich spienień wybranego typu pianki



Funkcja „RECEPTURA pod zlecenie” (panel główny – rys. 5) służy do wprowadzania nowych receptur bieżących. Należy podać podstawowe dane identyfikujące recepturę (rys. 16). Jeżeli istnieje receptura bazowa, to jej dane są pobierane do nowo tworzonej receptury bieżącej. W przeciwnym wypadku tworzona jest pusta receptura bieżąca, do której trzeba wprowadzić dane od początku. Po zaakceptowaniu pojawia się okienko z nową recepturą bieżącą (rys. 11). W ten sposób można tworzyć też nowe receptury bazowe, a w szczególności ich kolejne wersje.

W panelu głównym istnieje możliwość odszukania żądanych danych, wykorzystując klawisz „Wybierz”. Na przykład w przypadku receptur bieżących można odszukać żądane receptury zadając kryterium wyszukiwania (rys. 17). Pojawia się wówczas okno z żądaną recepturą, bądź zestawem receptur (np. gdy poszukuje się receptur dla wybranego typu pianki), nad którymi można pracować, przeliczać i drukować dane (o ile nie są zablokowane do edycji).

Pełną funkcjonalność systemu przedstawia rysunek 18.

Kolor	Nr zlecenia	Liczba bloków
NIEB	3210000001	10
ZIEL	3210000002	10
ŻÓŁ	3210000003	10
*		

Rys. 16. Funkcja umożliwiająca definiowanie nowej receptury bieżącej

Rys. 17. Możliwość filtrowania informacji, aby móc pracować na wybranej grupie receptur bieżących

## 7. Struktura sieciowa systemu

Aplikacja systemu może być instalowana na określonych stanowiskach komputerowych (technolog, laboratorium, produkcja). Powoduje to, że nie każdy ma możliwość wejścia do systemu i dokonania jakichkolwiek zmian, a modyfikacja odpowiednich informacji możliwa jest po wprowadzeniu odpowiedniego hasła, które posiadają tylko osoby odpowiedzialne za tworzenie i wprowadzanie receptur bądź raportów do systemu. Komputery z zainstalowaną aplikacją mają dostęp do wspólnej bazy danych na odrębnym serwerze (rys. 19).

Aplikacja została przetestowana na następującej strukturze sieciowej w dwóch lokalizacjach geograficznych przedsiębiorstwa produkującego pianki poliuretanowe:

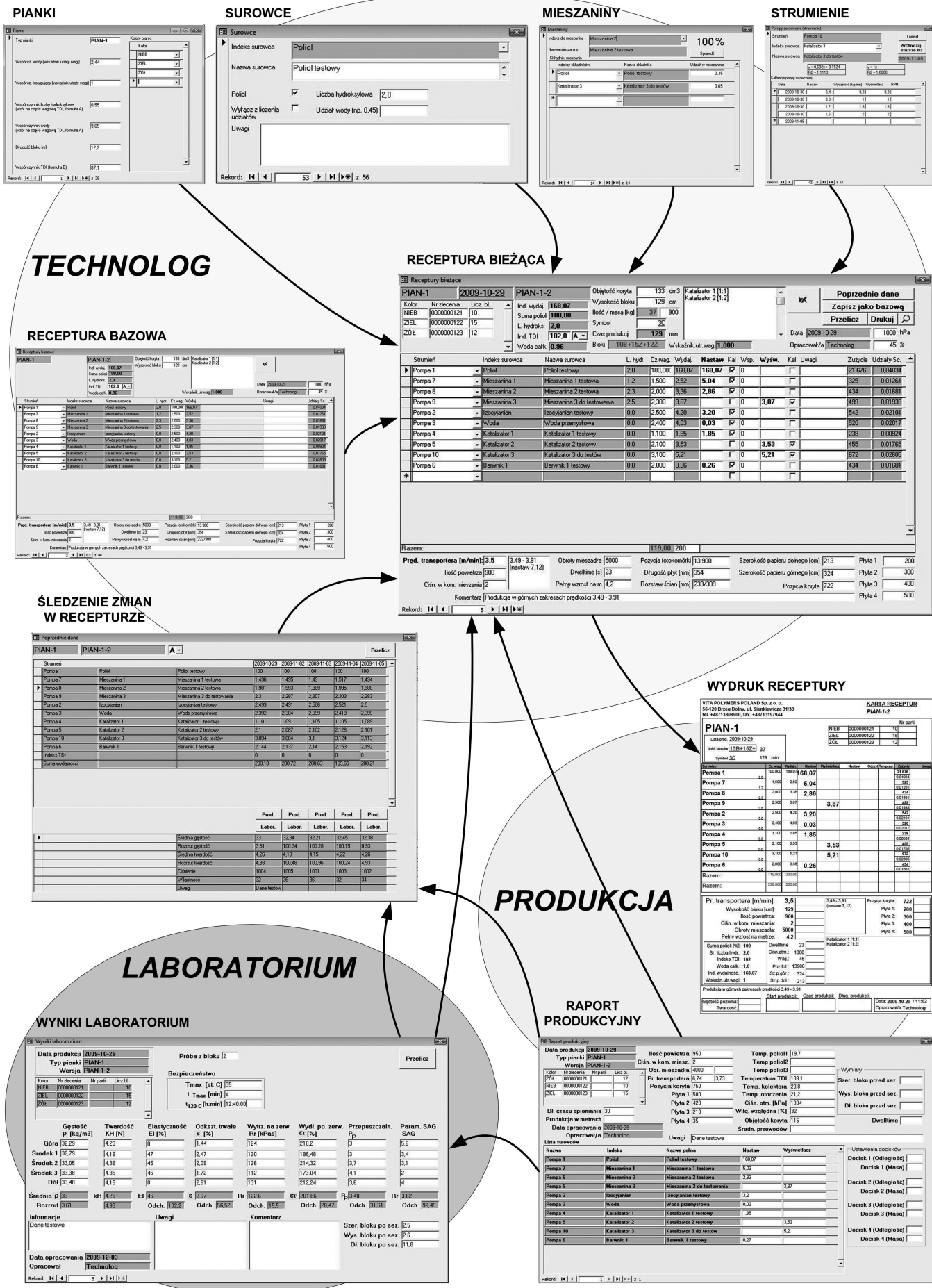
- Lokalizacja A: 2 komputery technologów do tworzenia nowych receptur pianek, 1 komputer laboratorium, 1 komputer do wprowadzania raportów produkcyjnych,
- Lokalizacja B: 1 komputer technologa.

Na początku wszystkie wymagane parametry do wygenerowania receptury wprowadzane są do aplikacji przez technologów, a następnie potem przekazywane do obszaru produkcji w postaci wydrukowanych arkuszy receptur. Po przeprowadzonej produkcji do systemu wprowadzane są dane z poczynionych rzeczywistych nastaw oraz badań laboratoryjnych.

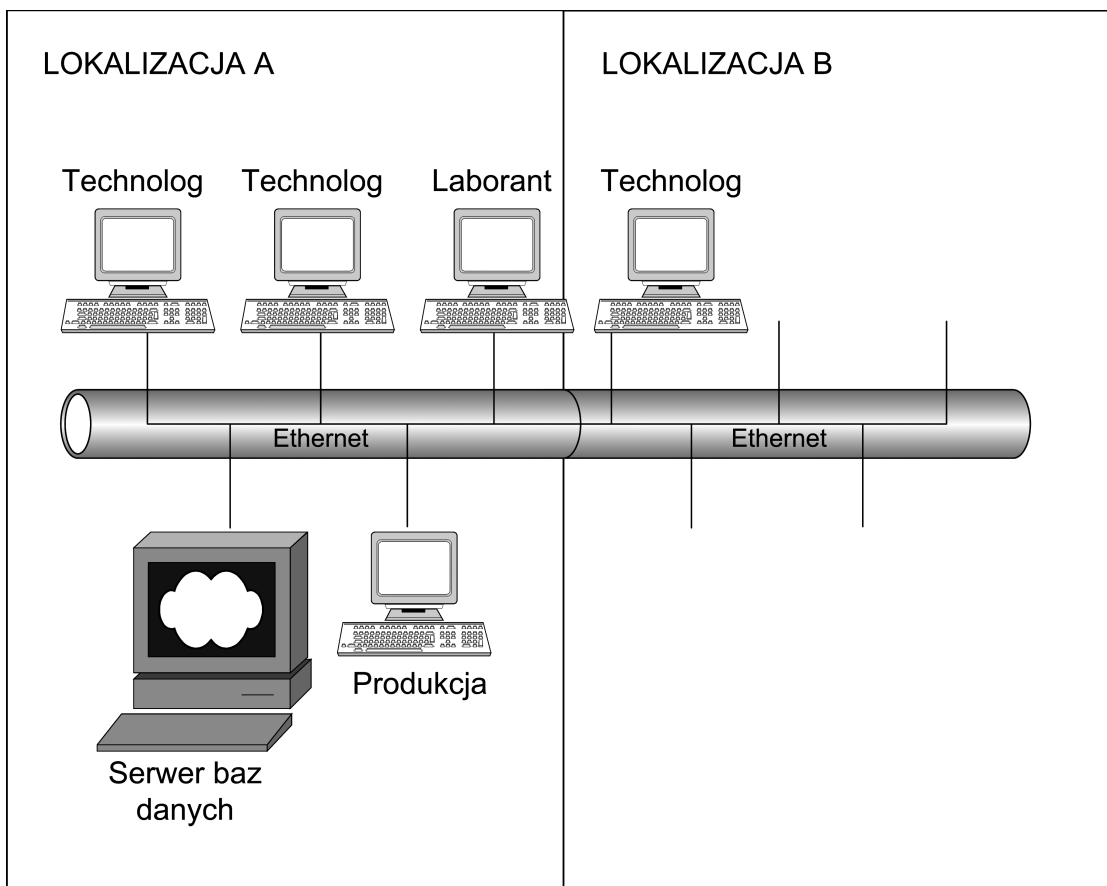
## 8. Podsumowanie i wnioski

W niniejszym artykule przedstawiono koncepcję systemu komputerowego do generowania receptur do produkcji pianki poliuretanowej. Koncepcja ta stała się podstawą funkcjonującego już systemu. W pracy opisano analizę wymagań oraz projekt tego systemu.

Zastosowany prototypowy system komputerowy wspomaga technologów w prawidłowym doborze parametrów pianki poliuretanowej. System ten stanowi narzędzie kompletne dla technologa. Pozytywny wpływ działania zaproponowanego systemu odczuwa zarówno dział logistyki planujący wszelkie zakupy komponentów pod produkcję określonej piany, łącznie z uwzględnieniem kosztów transportu dostarczenia ich do firmy, jak i dział magazynu, który unika składowania niepotrzebnie zamówionych surowców czy opakowań. Należy tu zaznaczyć, iż surowce, które wykorzystywane są w produkcji pianek poliuretanowych, ze względu na specyfikę posiadanych właściwości wymagają szczególnych warunków magazynowania, co znacznie podnosi koszty ich przechowywania. Trzeba powiedzieć, iż w przedsiębiorstwie, gdzie uruchomiony został opisany system, ze względu na mały udział wody lub polioliu w niektórych surowcach lub mieszaninach, do tej pory były one pomijane w recepturze, ale teraz dzięki zaawansowanemu kalkulatorowi receptura jest obliczona na podstawie danych z bazy i nawet małe udziały polioliu są brane pod uwagę, co wprowadziło zmiany do głównych parametrów receptury, takich jak wydajność, a zarazem zużycie surowców.



Rys. 18. Schemat funkcjonalności systemu



Rys. 19. Struktura sieciowa testowego systemu komputerowego wspomagającego pracę technologów w przedsiębiorstwie z branży pianek poliuretanowych

**Literatura:**

- [1] Adamczewski P.: *Zintegrowane Systemy Informatyczne*. MIKOM, Warszawa 1998.
- [2] Chrobot J., Mrzygłód M., Jerczyński H.: *Przygotowanie receptur technologicznych do produkcji pianek poliuretanowych – wymagania dla wspomagania komputerowego*. VIII Forum Inżynierskie ProCAx, Sosnowiec/Siewierz 2009, „Mechanik“ 2010, R. 83, nr 1, s. 67.
- [3] Femlak W.: *Statystyczne metody w sterowaniu procesami na przykładzie przedsiębiorstwa Vita Polymers Poland Sp. z o.o. w Brzegu Dolnym*. Materiały niepublikowane – praca magisterska, Politechnika Wrocławska, Wrocław 2004.
- [4] *Zarządzanie informacjami w przedsiębiorstwie. Systemy informatyczne, a reinżynieria organizacji*, red. A. Michalski. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2001.
- [5] [http://www.basf.pl/ecp1/Poland/pl/content/Products\\_Industries/Business\\_Segments/Poliiuretany/Produkty/Przemysl\\_meblowy/Przemysl\\_meblowy\\_startpage](http://www.basf.pl/ecp1/Poland/pl/content/Products_Industries/Business_Segments/Poliiuretany/Produkty/Przemysl_meblowy/Przemysl_meblowy_startpage).
- [6] <http://www.ciop.pl/3550.html>.
- [7] [http://www.eurofoam.pl/produkcja\\_poliuretanow.php](http://www.eurofoam.pl/produkcja_poliuretanow.php).
- [8] <http://www.ncp.com.pl/29,pianki-poliuretanowe.html>.
- [9] [http://www.procax.org.pl/pliki/Referat\\_2009\\_Chrobot.pdf](http://www.procax.org.pl/pliki/Referat_2009_Chrobot.pdf); [http://www.procax.org.pl/readarticle.php?article\\_id=6](http://www.procax.org.pl/readarticle.php?article_id=6).

**SYSTEM FOR COMPUTER AIDING OF POLYURETHANE FOAM PRODUCTION RECIPES PREPARATION**

**Key words:**

polyurethane foam, IT system, database, technological recipe.

**Abstract:**

In the article meaning of polyurethane foam as well as basics of its production are presented. Requirements for IT system, which could support technologists in the process of preparation of recipes to produce polyurethane foam are described. The IT tool is a kind of advanced calculator to calculate many important parameters within a technological recipe to achieve polyurethane foam of a certain type. Further the elaborated prototype system is described. Thanks to the tool the process of polyurethane foams’ recipes preparation is relatively quick, integrated and complete.

**Dr inż. Jarosław CHROBOT**

CAMT – Centrum Zaawansowanych Systemów Produkcyjnych  
 Instytut Technologii Maszyn i Automatykacji  
 Politechnika Wrocławska  
 jaroslaw.chrobot@pwr.wroc.pl