ODVAAR KAASA

/ Kongsberg Våpenfabrikk - Norwegia /

MIECZYSŁAW RYBAK

/ Wytwórnia Sprzętu Komunikacyjnego "PZL-Mielec" /

ZINTEGROWANY SYSTEM PROJEKTOWO-PRODUKCYJNY NARVIK

Poznań

28 września 1978

W-171

Każda większa firma,która chce osiągnąć sukces w swojej dziedzinie,instaluje najnowsze komputery,obrabiarki sterowane numerycznie,systemy kreślące,różnorodne oprogramowanie itd. Szybki rozwój tych urządzeń i systemów w ostatnich dwudziestu latach zmusza do nowych inwestycji zanim poprzednie zostaną całkowicie wykorzystane. Co kilka lat powstaje nowa generacja systemów wspomagających projektowanie i wytwarzanie maszyn,zanim powstaną możliwości standaryzacji sprzętu i oprogramowania. Nawet w jednej firmie stosuje się czasami dziesiątki niekompatybilnych systemów.

"Najprostsza" sytuacja była w latach pięćdziesiątych. Komputery stosowane były głównie jako szybkie arytmometry do rozwiązywania skomplikowanych układów równań np.obliczenia toru rakiety. Pisanie programów było bardzo pracochłonne dlatego też ich zakres zastosowań był niewielki. Upowszechnienie na początku lat sześćdziesiątych języków algorytmicznych /jak np.FORTRAN,ALGOL/ spowodowało lawinowe narastanie liczby małych i średnich programów obliczeniowych,pisanych wg.potrzeb chwili. Wymienność oprogramowania nie istniała,ponieważ programy nie miały cech uniwersalności. Z drugiej strony wykonanie kompletu obliczeń statku,samolotu,samochodu czy innej maszyny wymagało opracowania setek a nawet tysięcy programów. Najwięcej czasu poświęcano na przygotowywanie danych,noszenie programów do ośrodka obliczeniowego,oczekiwanie w kolejce,przeredagowywanie wyników obliczeń uzyskanych z jednego programu tak,aby mogły być wprowadzone do programu następnego itd. W miarę rozbudowy bibliotek własnych programów obliczeniowych zatrudniano coraz więcej specjalistów w charakterze tzw."Input/Output Engineer". W celu uniknięcia wymienionych barier w rozszerzaniu zastosowań komputerów rozpoczęto w wielu krajach badania w zakresie języków problemowo-zorientowanych oraz uniwersalnych pakietów programów użytkowych.

Na początku lat siedemdziesiątych w eksploatacji przemysłowej znajdowały się już setki takich systemów dla programowania obrabiarek sterowanych numerycznie,obliczeń wytrzymałości metodą elementów skończonych,przepływów i opływów hydrodynamicznych metodą sieci wirów,modelowania matematycznego procesów dynamicznych itd. W najlepszych rozwiązaniach systemy te stanowiły integrację setek lub tysięcy programów użytkowych w jeden język,będący rozszerzeniem języka FORTRAN. Użytkownik takiego języka może zapewnić automatyczną współpracę setek lub tysięcy programów nie tracąc

zalet języka algorytmicznego wysokiego poziomu /skoki,pętle, makro itd./. W tym czasie nastąpiły również znaczne zmiany w budowie komputerów,obrabiarek sterowanych numerycznie i innych urządzeń. Coraz szerzej stosowane są komputerowe układy sterowania obrabiarek /CNC/,bezpośrednie połączenie grup obrabiarek z komputerem generującym programy /DNC/,zautomatyzowane wykonywanie rysunków na autokreślarkach,bezpośrednie graficzne wejście/wyjście z komputera,sieci komputerowe z rozbudowanym układem terminali. Języki problemowo-zorientowane,opracowane w latach sześćdziesiątych nie wykorzystują jeszcze możliwości grafiki komputerowej, pracy konwersacyjnej oraz współpracy z centralną bazą danych. Jako przykład można podać "wsadowe" języki jak APT,EXAPT,NEL-2CL, ADAPT,SAPS,AUTOSPOT,ASKA,SESAM,NASTRAN,ASTER,FORAN,PANDA i wiele innych. Główną wadą dotychczasowych języków problemowo-zorientowanych jest brak wspólnej bazy danych geometrycznych. Dla przykładu numeryczna reprezentacja geometrii samolotu wykonana dla potrzeb programowania obrabiarek sterowanych numerycznie nie może być wprost wykorzystana do obliczeń aerodynamiki,wytrzymałości czy drgań aeraelastycznych. Coraz szersze upowszechnianie mikrokomputerów i minikomputerów pozwala złagodzić powyższe trudności w przypadku najprostszych zadań,do rozwiązania których wystarczają prymitywne języki,z drugiej strony zwiększa to rozmiary chaotycznego rozwoju.

W połowie lat siedemdziesiątych powstały możliwości zasadniczego postępu w tej dziedzinie. W USA i w krajach socjalistycznych szeroko upowszechniły się jednolite systemy komputerów / RIAD,IBM 360/370 /,minikomputerów i obrabiarek sterowanych numerycznie. Jednolita baza sprzętowa w krajach zachodnich i wschodnich umożliwiła budowę zintegrowanych systemów projektowo-produkcyjnych,stanowiących hierarchiczną,wielopoziomową sieć komputerów minikomputerów,obrabiarek sterowanych numerycznie i komputerowo, systemów kreślących,monitorów graficznych,maszyn pomiarowych i urządzeń specjalnych. Zintegrowane systemy projektowo-produkcyjne będą w latach osiemdziesiątych głównym czynnikiem wzrostu jakości,wydajności produkcji i konkurencyjności wyrobów w wielu przemysłach: lotniczym,okrętowym,samochodowym,turbinowym,odlewniczym i innych.

Uogólnieniem doświadczeń uzyskanych w rozwiniętych krajach zachodnich i wschodnich jest zintegrowany system projektowo-produkcyjny NARVIK /rys.1/. Jako komputery główne mogą służyć komputery IBM lub Jednolitego Systemu RIAD. Park obrabiarek sterowanych numerycznie jest indywidualnie kompletowany wg.specyficznych potrzeb użytkownika. Obrabiarki mogą być zarówno produkcji firm zachodnich jak i wschodnich. Najwyższą wydajność systemu uzyskuje się w przypadku zainstalowania urządzeń DNC-BTR typu PC 200 oraz komputerów sterujących obrabiarkami NC 2000. Wyposażenie obrabiarek w układy NC 2000 może nastąpić w trakcie instalacji lub podczas modernizacji istniejącego parku obrabiarek sterowanych numerycznie. Zainstalowanie systemu kreślącego,układów NC 2000 i DNC,konwersacyjnej grafiki komputerowej w jedną sieć z wielkimi komputerami IBM lub RIAD daje w konsekwencji nową jakość: harmonijne połączenie zalet zdecentralizowanego przetwarzania z zaletami języków problemowo-zorientowanych np.klasy APT oraz numerycznej reprezentacji geometrii powierzchni krzywokreślnych.

Modularna,hierarchiczna budowa systemu NARVIK ułatwia rozłożenie implementacji na kilka etapów odpowiednio do planu inwestycji i szkolenia kadr wg.zasady sukcesywnego opanowywania coraz wyższego stopnia automatyzacji projektowania i wytwarzania.Omówienie kolejnych etapów automatyzacji wytwarzania najlepiej rozpocząć od rys.2,ilustrującego zakres i organizację prac przy ręcznym programowaniu obrabiarek sterowanych numerycznie. Zaletą ręcznego programowania obrabiarek jest brak uzależnienia się od dostępu do komputera oraz niewielkie wymagania kwalifikacyjne. Wadą - ogromne ilości obliczeń torów narzędzia,co praktycznie wyklucza zastosowanie obrabiarek sterowanych numerycznie do obróbki detali o skomplikowanej geometrii. Zastosowanie standardowego języka wysokiego poziomu /np.klasy APT/ pozwala na przekroczenie tej bariery /rys.3/. Jednak w praktyce przemysłowej potrzebne są jednocześnie zarówno proste podręczne systemy minikomputerowe jak i języki wysokiego poziomu. Z wielu względów pierwsze kroki w zakresie automatyzacji projektowania i wytwarzania warto rozpoczynać od wdrożenia minikomputerów.

Kolejne etapy wdrażania systemu NARVIK mają na celu sukcesywne nasycanie zakładu najnowszymi rozwiązaniami hardware'owymi i software'owymi. W zakończeniu pierwszego etapu proponuje się implementację wersji NARVIK-256 /rys.4/,który w odróżnieniu od

standardowego języka APT jest poszerzony o rozbudowany system kreślący z preprocesorami powierzchni krzywokreślnych oraz postprocesor wykreślania torów narzędzia /CLDATA/ na autokreślarce. Po praktycznym opanowaniu systemu NARVIK-256 można przejść do rozszerzenia systemu o bibliotekę systemową oraz automatyczne syntetyzery programów dla rodzin detali. Wymaga to rozszerzenia pamięci operacyjnej komputera głównego do 512 kB skąd nazwa - system NARVIK-512 /rys.5/. Na tym etapie większość rysunków konstrukcyjnych powstaje drogą "automatyczną",co pozwala na znaczne ułatwienie przygotowywania programów dla obrabiarek sterowanych numerycznie. System coraz głębiej ingeruje w warsztat pracy konstruktora ułatwiając wykonanie dokumentacji konstrukcyjnej.

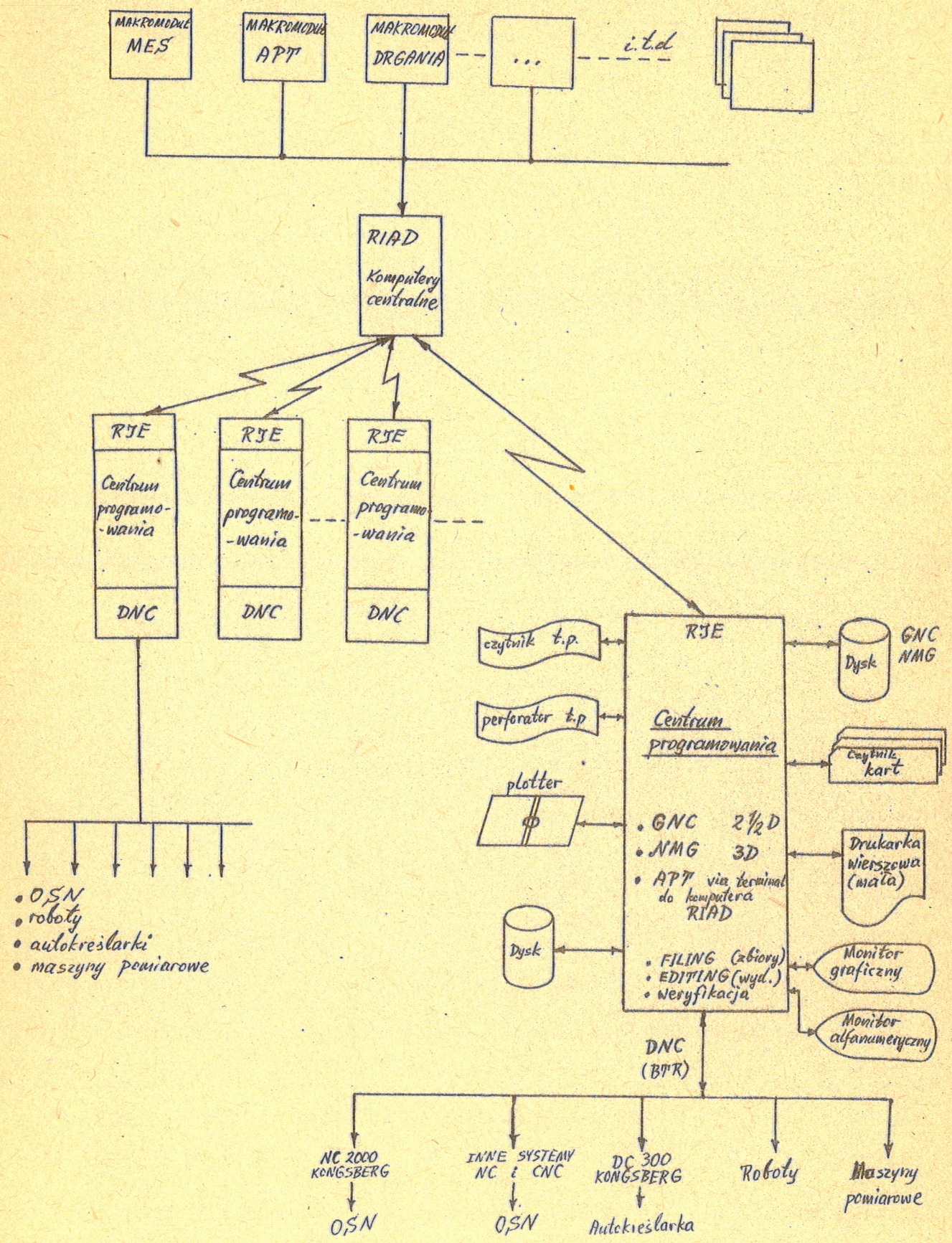
Po osiągnięciu kilkakrotnie wyższej wydajności systemu NARVIK-512 w porównaniu do systemu NARVIK-256 można zainstalować wariant najwydajniejszy i najbardziej rozbudowany NARVIK-1024,który wymaga pamięci operacyjnej min.1 MB /rys.6/. Zwiększenie wydajności jest wynikiem zainstalowania konwersacyjnej grafiki komputerowej i systemu DNC.
Podstawowy park obrabiarek powinien zostać wyposażony w układy CNC. Instalacja dwukomputerowego systemu oraz rozszerzenie liczby minikomputerów sterujących autokreślarkami i obrabiarkami pozwala na zwiększanie wydajności systemu wg narastających potrzeb różnych wydziałów przedsiębiorstwa. Instalacja terminali graficznych i alfanumerycznych jak najbliżej miejsc pracy praktycznie umożliwia bezpośredni dostęp do wszystkich możliwości systemu pracownikom każdej zainteresowanej komórki.
Podstawowe możliwości systemu NARVIK w części komputerowego wspomagania wytwarzania przedstawiono w tabeli 1. Są one wspólną bazą wszystkich podstawowych wariantów systemu : 256,512 i 1024. W odróżnieniu od wielu języków system NARVIK dysponuje szeroką gamą definicji powierzchni krzywokreślnych i prostokreślnych,pokrywając w pełni potrzeby najbardziej wymagającego przemysłu lotniczego /rys.8 i 9/. Rozszerzanie możliwości systemu nie wymaga przeróbki jego dotychczasowych modułów i makromodułów. Cecha ta jest wynikiem przyjęcia hierarchicznej struktury modularnej. Ogólna struktura makromodułu systemu NARVIK jest przedstawiona na rys.10. Poszczególne makromoduły połączone są ze sobą zestawem postprocesorów i preprocesorów.

Dołączenie nowego makromodułu wymaga napisania odpowiednich preprocesorów i postprocesorów. Ilustracją współpracy szeregu makromodułów na etapie prac projektowych wspomaganych komputerowo jest rys.11.

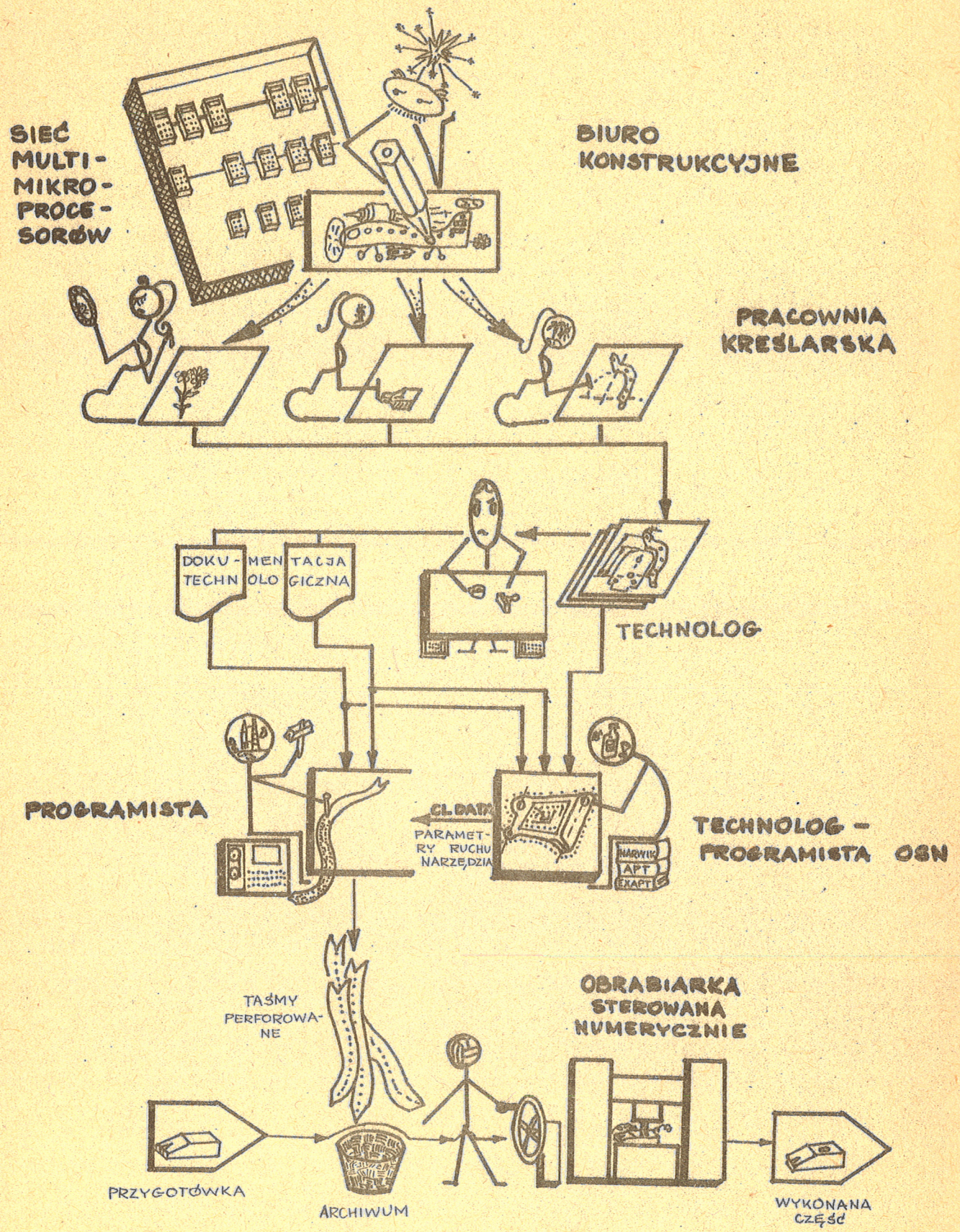
Naczelną zasadą,którą się kierowano podejmując budowę systemu NARVIK,było zmniejszenie do minimum kosztów inwestycji,wykorzystując sprzęt komputerowy i obrabiarkowy zainstalowany w ramach poprzednich inwestycji. Daje to możliwość automatyzacji procesów projektowania i wytwarzania w wielu zakładach przemysłowych średniej wielkości. Jednym z takich zakładów jest WSK "PZL-Mielec" specjalizujący się w produkcji samolotów agrolotniczych i pasażerskich. Implemantacja systemu NARVIK została zaplanowana przy założeniu stosowania obrabiarek sterowanych numerycznie produkcji ZSRR,PRL,WRL, NRD oraz komputerów Riad-32 /EC 1032/ produkcji polskiej. Docelowa konfiguracja systemu NARVIK dla WSK "PZL-Mielec" jest przedstawiona na rys.12.

Głównym problemem implementacji systemu NARVIK w zakładzie przemysłowym,stosującym konwencjonalne metody projektowania i wytwarzania,jest przeszkolenie niezbędnej liczby specjalistów dla czynnego stosowania i rozwijania systemu oraz wszystkich techników i inżynierów dla biernego korzystania z wybranych fragmentów systemu. Przebieg implementacji systemu NARVIK w WSK "PZL-Mielec" przedstawiono na rys.13. Relatywnie długi okres implementacji systemu jest wynikiem konieczności realizacji rozszerzonego planu szkolenia operatorów i programistów oraz personelu głównych wydziałów projektowych i produkcyjnych. Pełne szkolenie operatorów i programistów systemu NARVIK trwa ok.1000 godzin oraz ok.200 godzin pracy przy minikomputerach, terminalach oraz przy dużych komputerach.

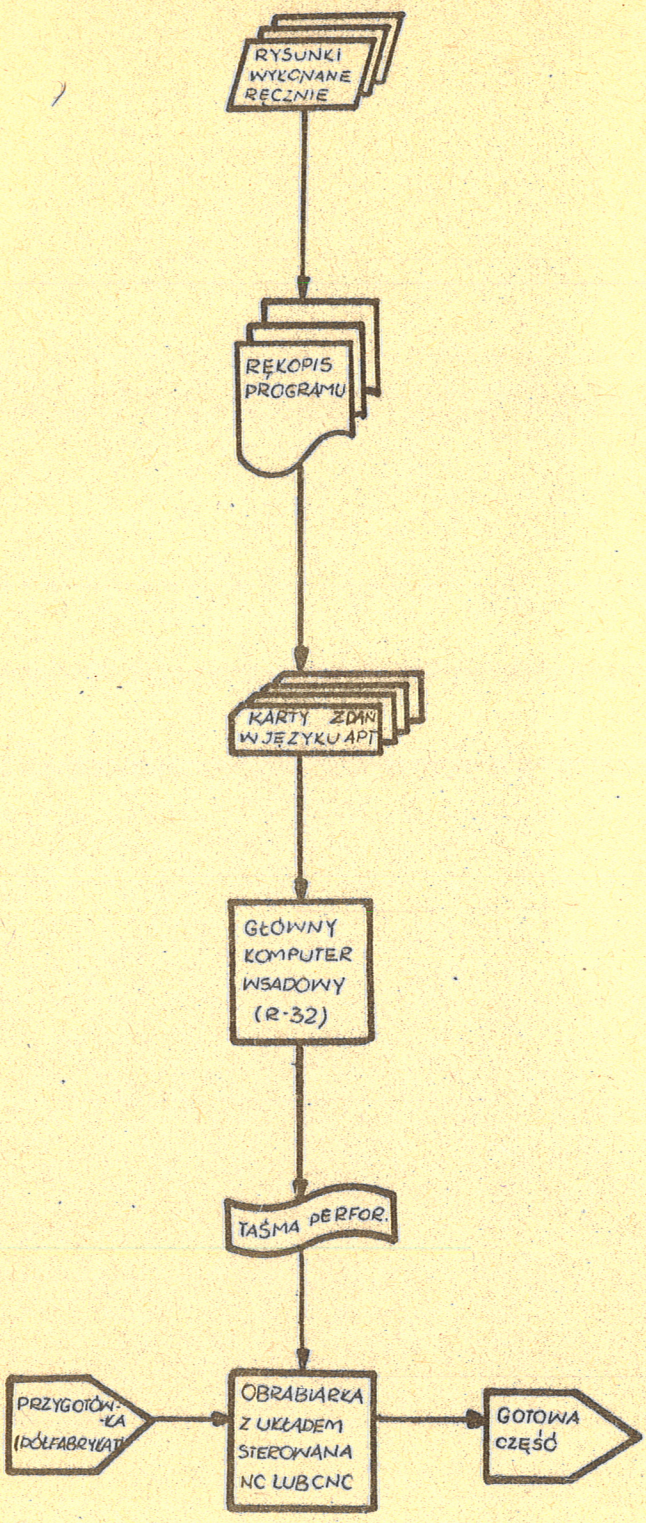
Obszar zastosowania zintegrowanych systemów projektowo-produkcyjnych stale się powiększa. Oprócz przemysłu lotniczego i okrętowego powstały możliwości pełnej automatyzacji projektowania i wytwarzania samochodów,silników turbinowych, śmigłowców,tłoczników,kokili i wielu innych wyrobów. System NARVIK,zbudowany na bazie szerokiej kooperacji międzynarodowej wychodzi naprzeciw potrzebom lat najbliższych- automatyzacji projektowania i wytwarzania maszyn w warunkach pogłębiającego się deficytu siły roboczej.



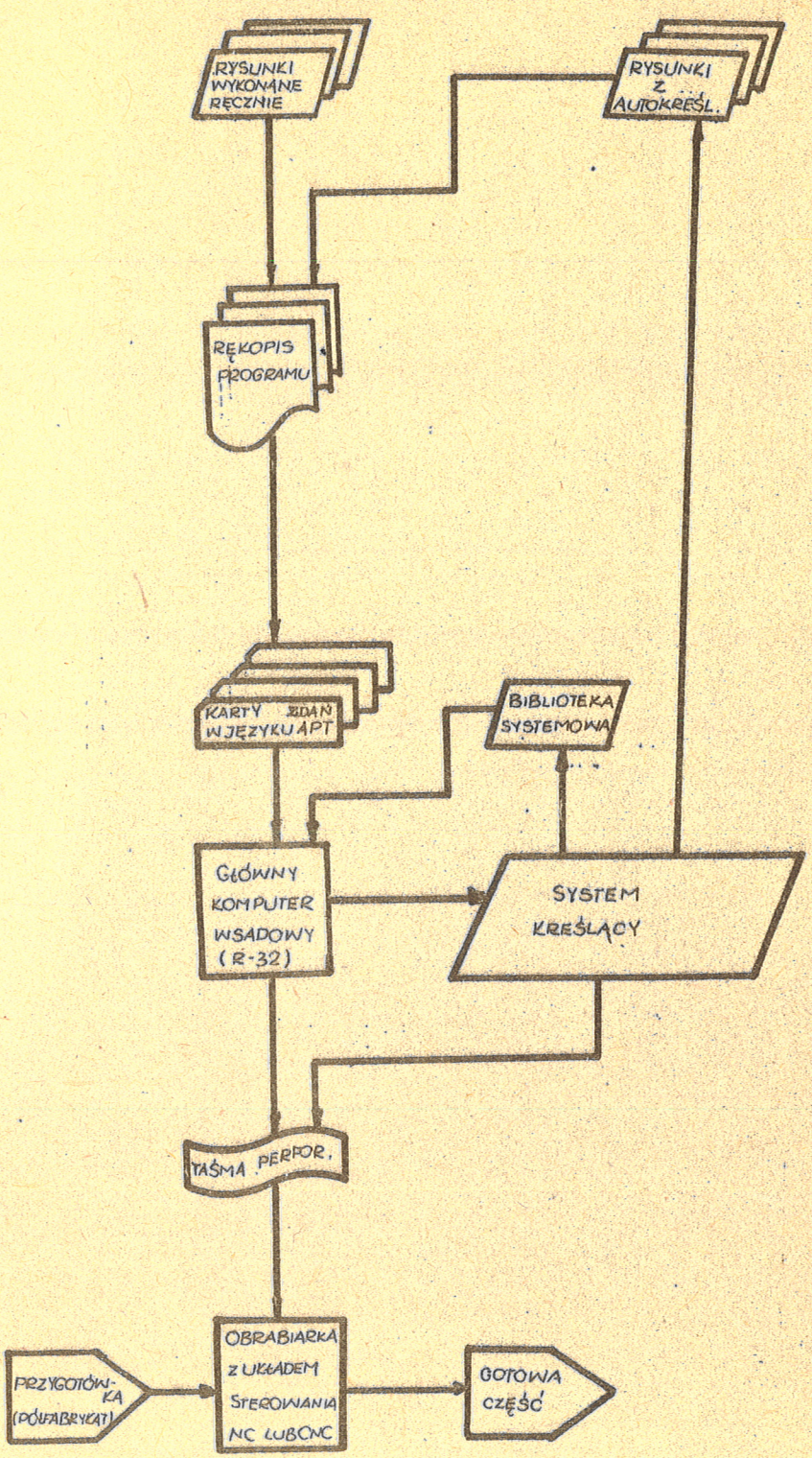
Rys. 1. Ogólna konfiguracja systemu NARVIK



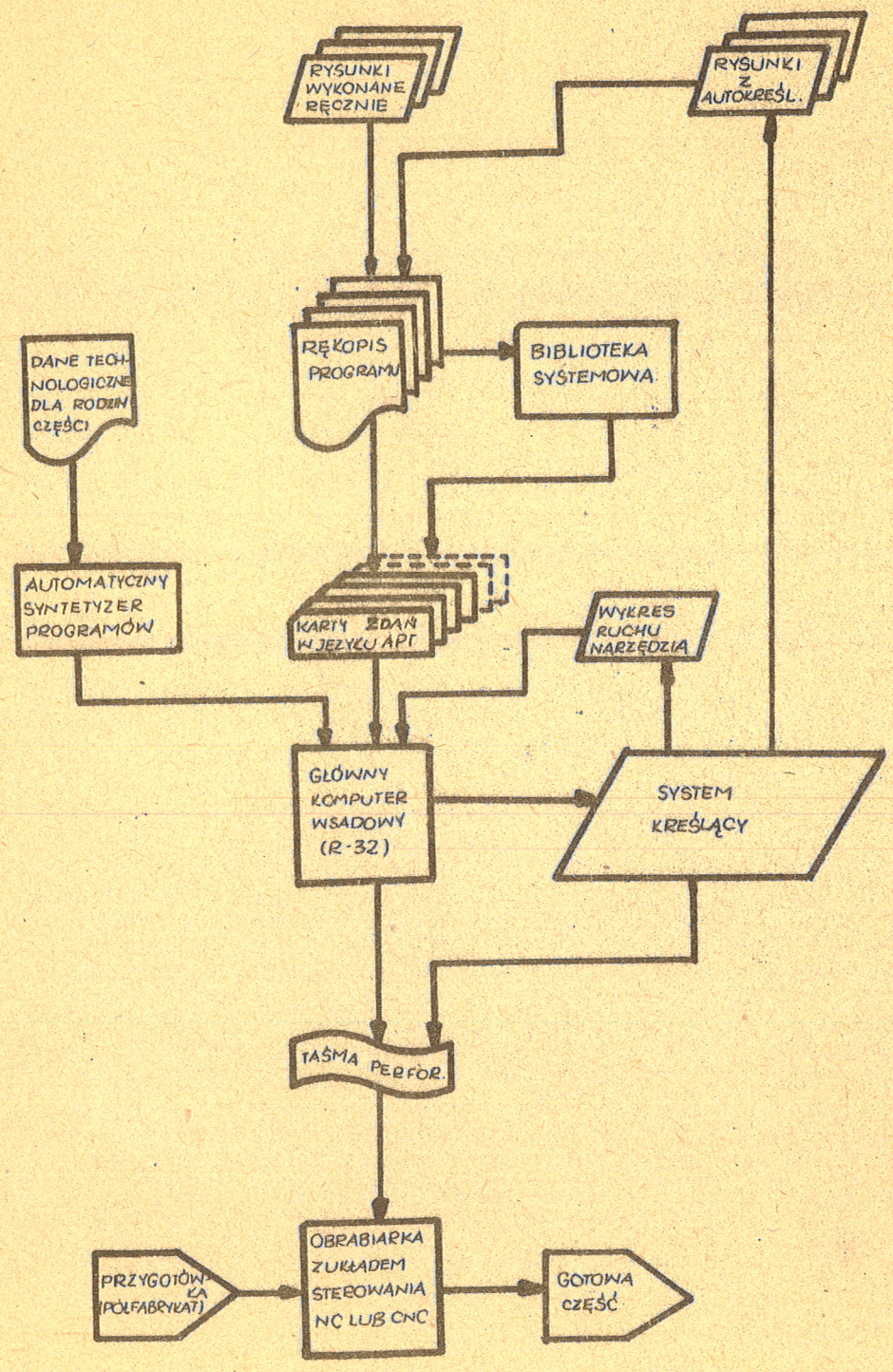
RYS. 2. RĘCZNE PROGRAMOWANIE OBRABIAREK STEROWANYCH NUMERYCZNIE



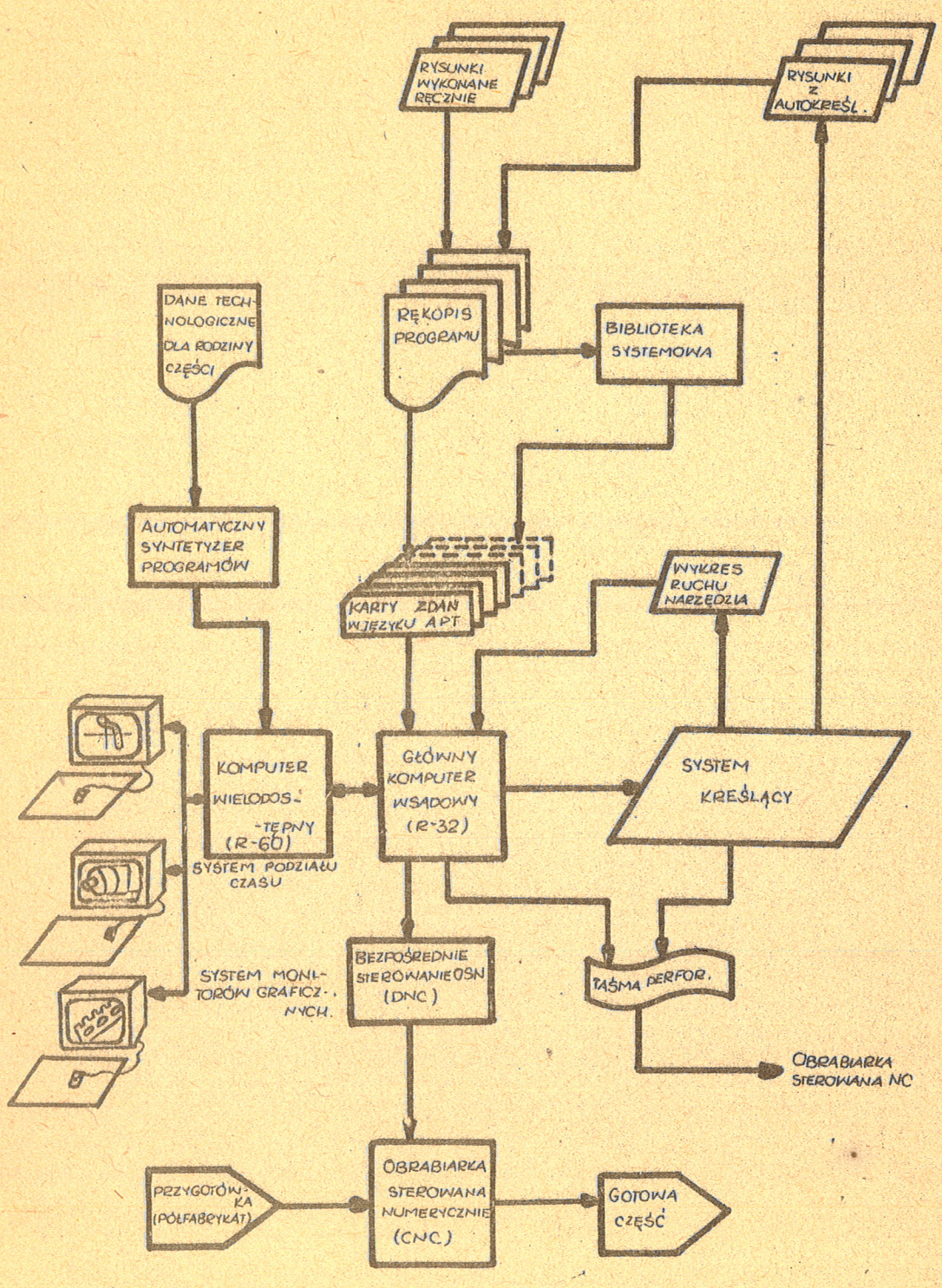
RYS. 3. PROGRAMOWANIE OSN ZA POMOCĄ JĘZYKA APT



RYS. 4. PROGRAMOWANIE OSN Z UKŁADEM STEROWANIA NC LUB CNC W SYSTEMIE NARVIK - 256



RYS. 5. PROGRAMOWANIE OBRABIAREK Z UKŁADEM STEROWANIA NC LUB CNC W SYSTEMIE NARVIK - 512

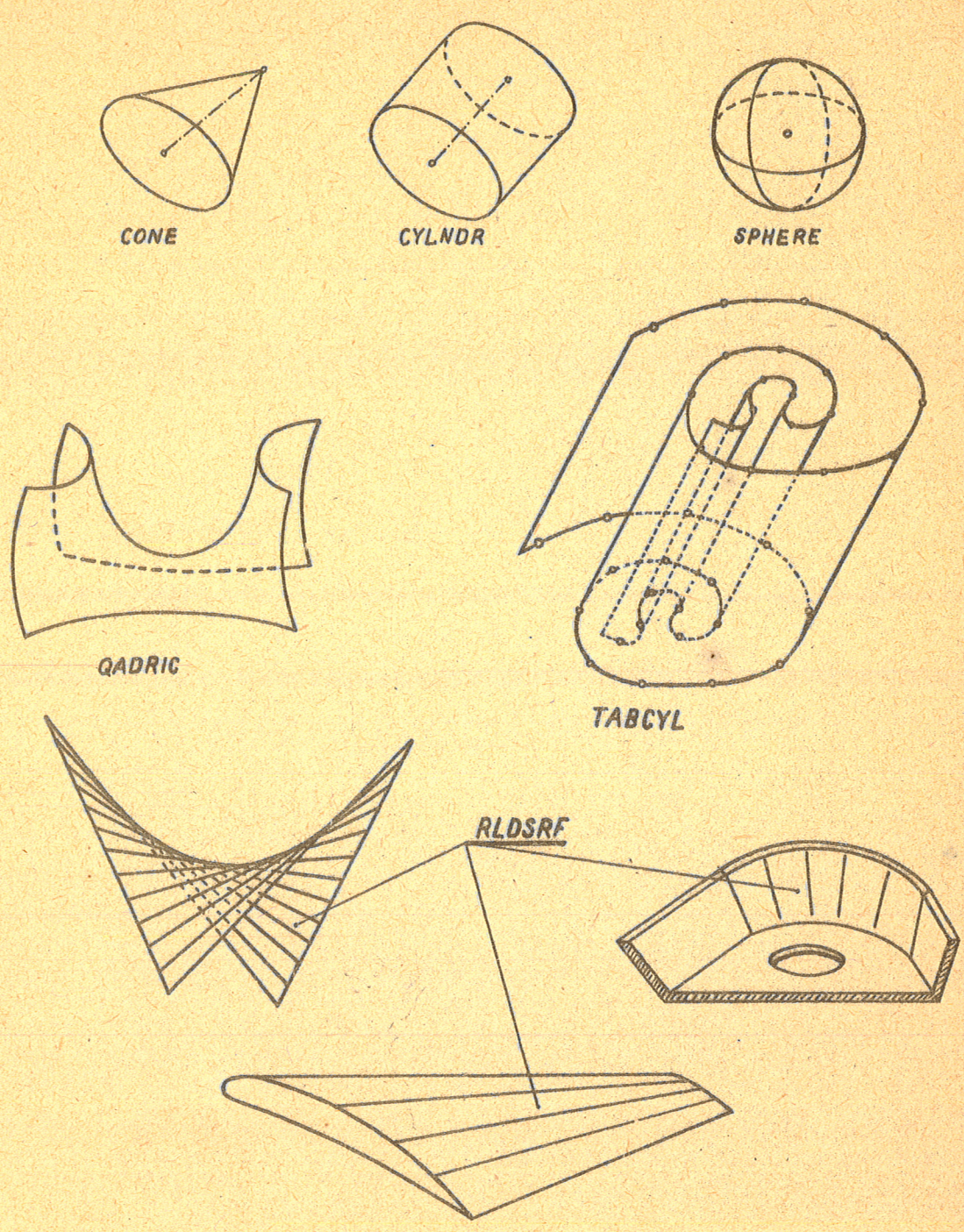


RYS. 6. PROGRAMOWANIE OBRABIAREK Z UKŁADEM STEROWANIA NC LUB CNC W SYSTEMIE NARVIK-1024

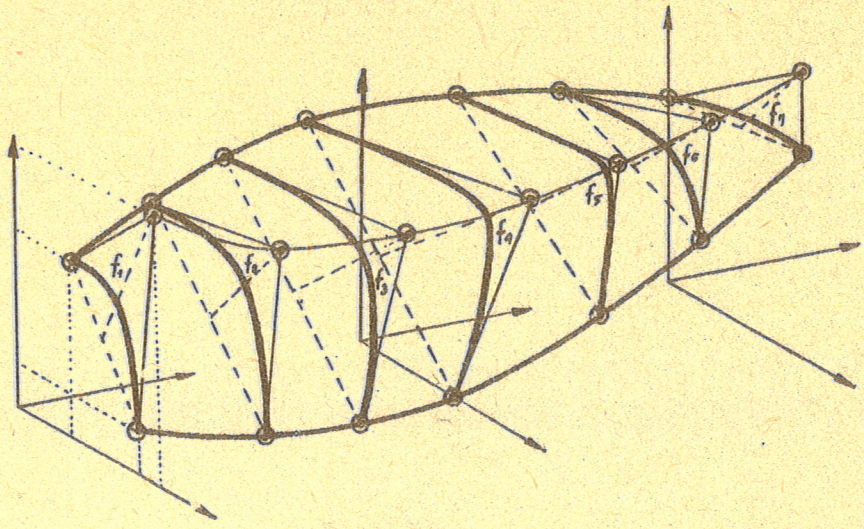
Tabela 1

Podstawowe możliwości systemu NARVIK w części wytwarzania wspomaganego komputerowo.

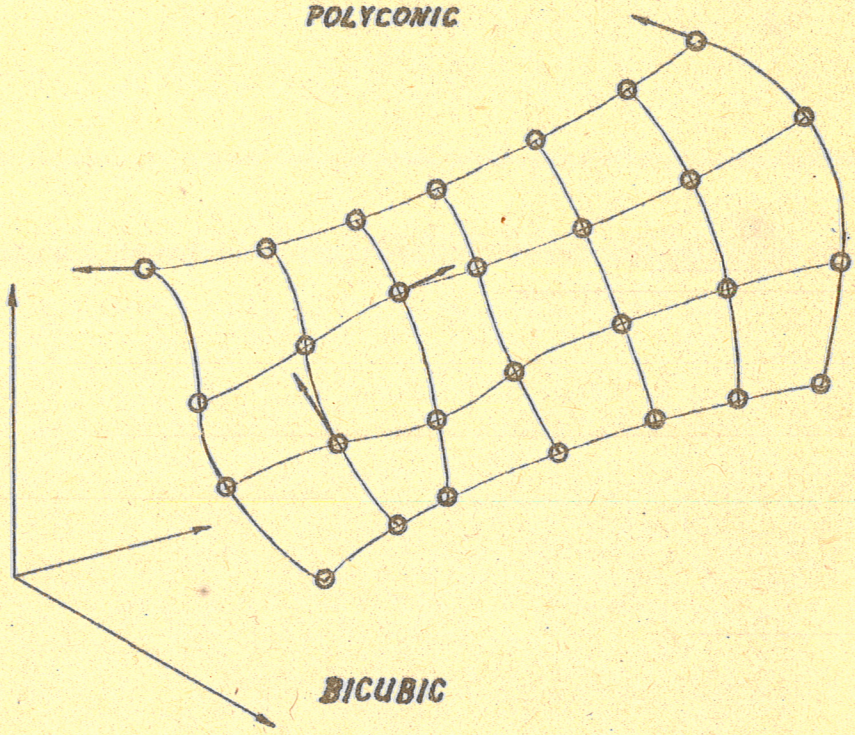
Podstawowe definicje geometryczne	POINTS,LINES,CIRCLES,PLANES,MATRICES,VECTORS,PATTERN, POCKET
Rozszerzone definicje geometryczne	GENERAL CONIC,LOFT CONIC,HYPERBOLA,ELLIPSE,SPLINE,TABCYL, CYLINDER,CONE,SPHERE,QADRIC
Definicje powierzchni	RLDSRF,POLCON,COONS-patch,BEZIER,MESH
Instrukcje obliczeniowe	ABSF,SQRTF,LOGF,LOG10F,EXPF,SINF,COSF,TANF, ATANF,ATAN2F, LNTHF,DOTF,ANGLF,DISTF,NUMF,SIGNF,CBRTF,MAX1F,MIN1F,INTGF
Możliwości obróbki kształtowej	BASIC /LINES and CIRCLES/ 2.5D /ELLIPSE,HYPERBOLA,GENERAL CONIC,TABCYL and BASIC/ 3+5D /ALL GEOMETRIC DEFINITIONS and VTLAXS/WCORN,MULTAX, TLAXIS,NORMPS,NORMDS/
Geometria narzędzia	BALL,FLAT END,FILLETED CUTTERS,DISC,GENERAL CUTTER
Programowanie drogi narzędzia	FROM,GOTO,GOOLTA,INDIRV,INDIRP,GO,OFFSET,SRFVT,TLLFT,TLRGT,TLON, TLNDON,TLOFPS,TLONPS,TO,ON,PAST,TANTO,DSTAN,PSTAN,GOLFT,GORGT GOUP,GODOWN,GOFWD,GOBACK,n/INTOF,DISC OFFSET
Programowanie zautomatyzowane	LOOPS,MACROS,COPY/TRACUT,LIBRARY,SYNTHESING CONCEPT
Instrukcje specjalne	INTOL,OUTTOL,TOLER,THICK,NUMPTS,DNTCUT/CUT,REMARK,PARTNO,INSERT, PPRINT,TITLES,GOGCK,OBTAIN,PTONLY,PRINT,PUNCH,READ,SYN,PLOT



Rys. 8. Podstawowe powierzchnie prostokreślne i krzywokreślne w systemie NARVIK

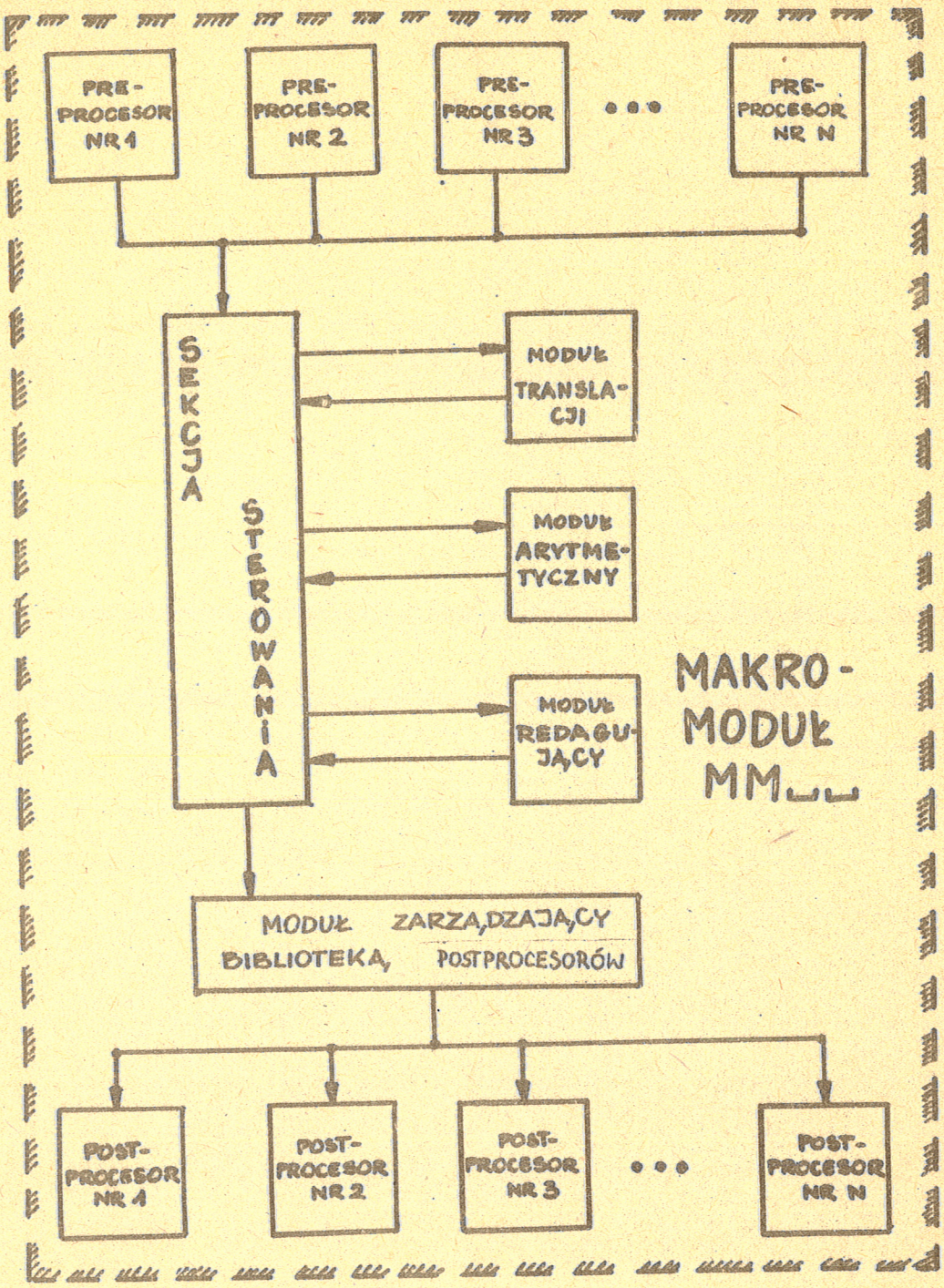


POLYCONIC

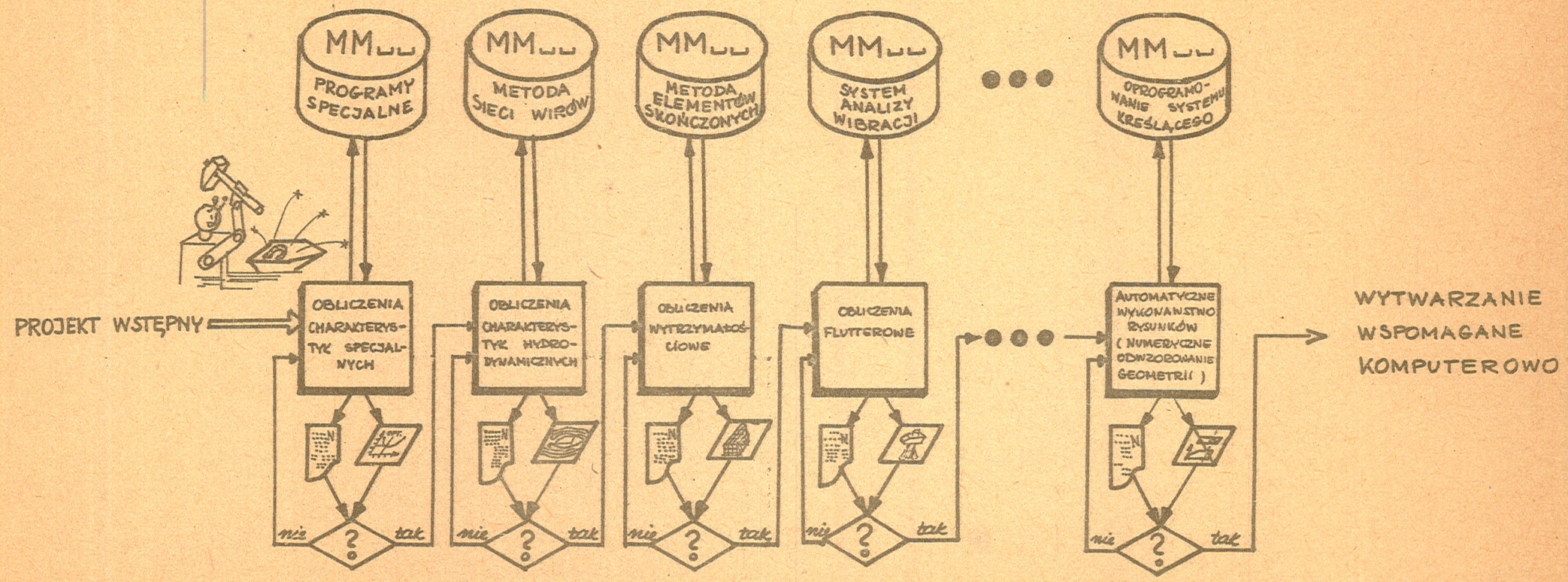


BICUBIC

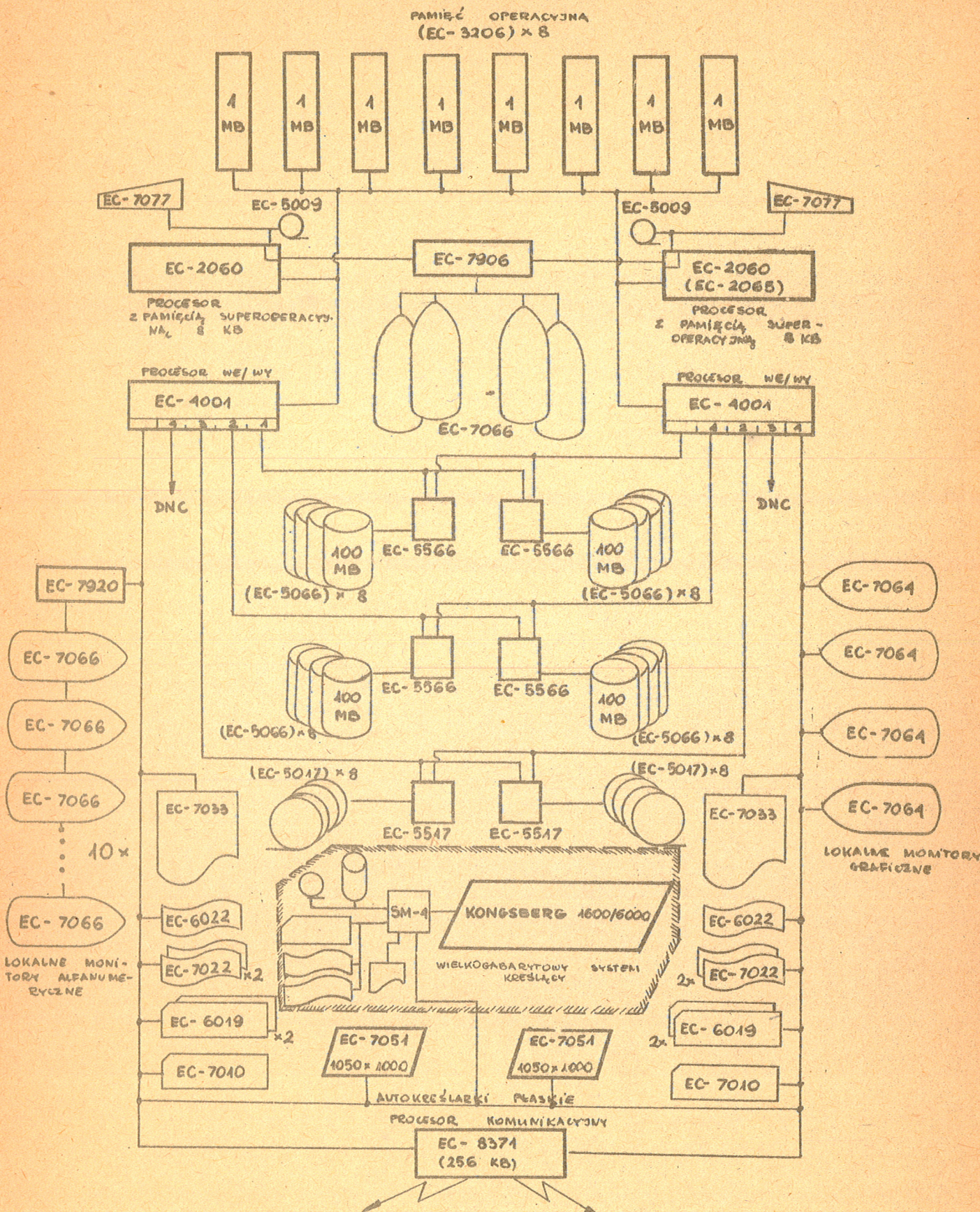
Rys. 9. Powierzchnie kizywokreślne w systemie NARVIK.



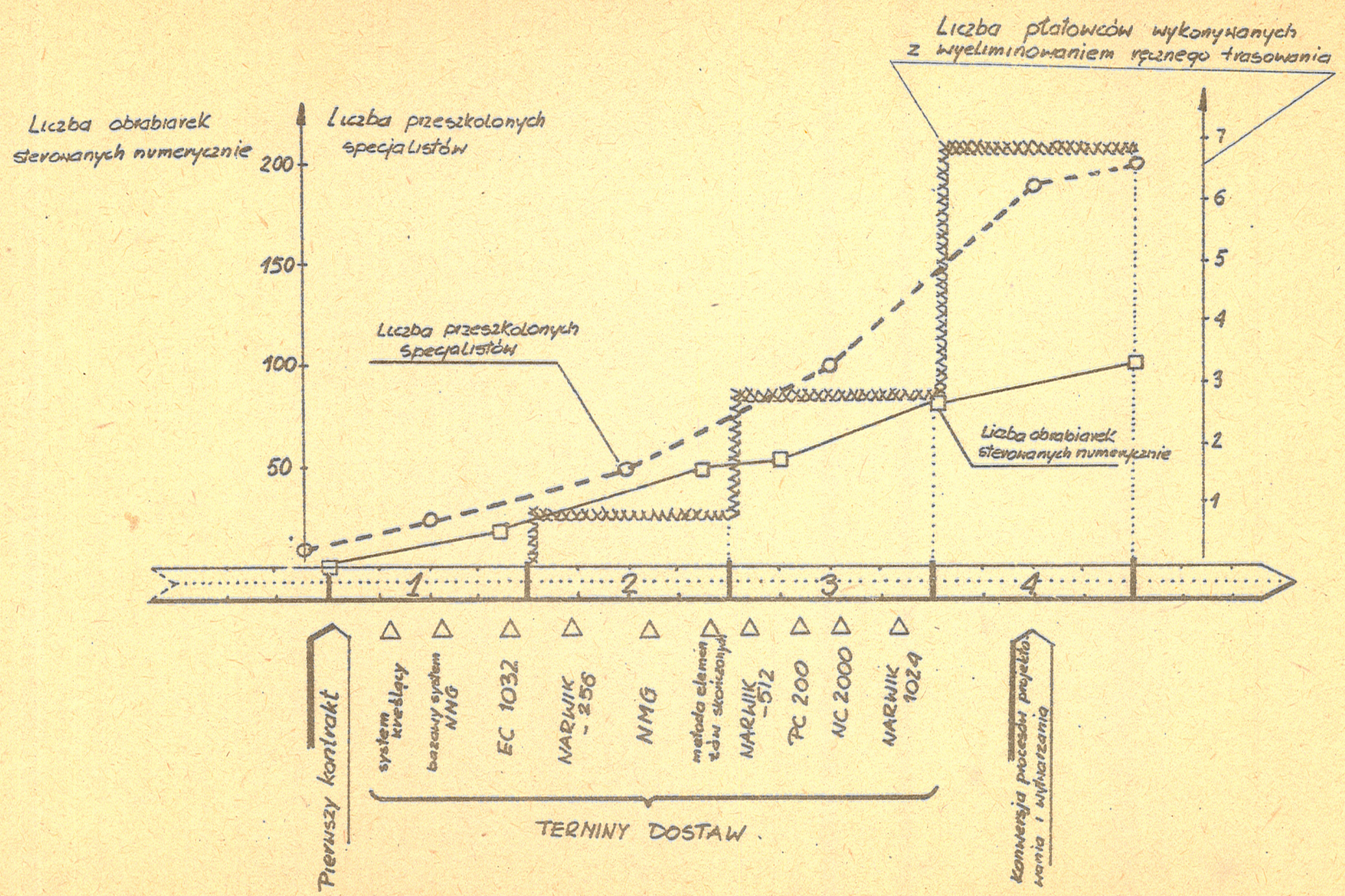
RYS. 10. OGÓLNA STRUKTURA SYSTEMU NARVIK



RYS. 11. PROCES PROJEKTOWANIA WSPOMAGANEGO KOMPUTEROWO W SYSTEMIE NARVIK



RYS. 12 DOCELOWA KONFIGURACJA EMC R-60



Rys. 13 Implementacja systemu NARWIK w WSK PZL - MIELEC