

Spirytusowe mieszanki napędowe.

(Badania przeprowadzone przez Profesorów Politechniki Warszawskiej K. Taylora i W. Iwanowskiego).

Zagadnienie dostarczenia dobrego i taniego paliwa płynnego do silników spalinowych stało się w czasach dzisiejszych troską b. poważną dla wielu państw. Wpłynął na to, z jednej strony, olbrzymi rozwój zastosowania silnika spalinowego, jaki obserwujemy od czasów wojny światowej, z drugiej zaś strony — stosunkowo mały wzrost wydobycia ropy naftowej.

Produkcja tej ostatniej wzrasta w ostatnich latach znacznie wolniej niż ilość czynnych silników. Wynikiem tego jest coraz bardziej wzrastający głód ropy, a szczególnie lekkich produktów jej destylacji, t. j. wszelkiego rodzaju benzyn.

Tereny, obfitujące w źródła ropy, stały się dziś obiektami, o które walczą nie tylko poszczególne koncerny naftowe, ale i rządy.

Obliczenia geologów stwierdzają, że zapasy ropy są tak ograniczone, iż przy dzisiejszej konsumpcji wyczerpanie ich jest kwestją kilkunastu do kilkudziesięciu lat.¹⁾ Dlatego ludzkość musi już dziś pracować nad zdobyciem paliwa, któreby mogło w odpowiedniej chwili zastąpić produkty naftowe.

Zagadnienie to wpłynęło na porządek dzienny najwcześniej we Francji i w Niemczech, t. j. w tych krajach europejskich, które przy dużym rozwoju automobilizmu, lotnictwa i mechanicznej uprawy roli, nie posiadają własnych źródeł ropy naftowej.

Jednak do r. 1914, t. j. do czasu wojny światowej, stosunki układały się w ten sposób, że żadne paliwo nie mogło wytrzymać konkurencji z benzyną. Z powodu wykrywania coraz to nowych źródeł ropy, ceny benzyny, w stosunku do jej wartości jako paliwa, utrzymywały się na b. niskim poziomie. Rządy państw nie zdawały sobie dostatecznie sprawy ze znaczenia silnika spalinowego do celów obrony narodowej, zaś zagadnienie utrzymania czynnego bilansu handlowego nie występowało w tak ostrej formie, jak to dziś obserwujemy.

Wojna światowa wykazała, jak wielkie znaczenie posiada silnik spalinowy do celów wojennych. Rozwój jego poszedł w tempie przyspieszonym. Pomijając już Stany Zjedn. A. P., gdzie jeden samochód wypada dziś na każdych 6 mieszkańców²⁾ (w poszczególnych stanach na 2,5 — 3 mieszkańców), wspomniemy tylko o Francji, gdzie liczba samochodów z niespełna 250 000 w r. 1922, wzrosła do³⁾ cyfry 700 000 w r. 1925. Nie mniejszy rozwój automobilizmu obserwujemy w Niemczech i Anglii. Jeżeli porównamy cyfry, dotyczące krajów europejskich, z ilością samochodów w Stanach Zjedn. A. P., gdzie notabene ilość ta jeszcze wzrasta, jeżeli uwzględnimy cały szereg państw europejskich o znikomej ilości samochodów, to możemy stwierdzić stanowczo, że Europa jest jeszcze daleka od stanu nasycenia rynku silnikiem spalinowym i że dzisiejsze tempo jego rozwoju nieprędko zostanie osłabione.

I dlatego musimy już dziś myśleć o zastąpieniu benzyny innym paliwem, ażeby nie nadeszła chwila, kiedy miliard koni mechanicznych, pędzących z szybkością 40 — 100 km/h, mógłby zamrzeć w bezruchu, a olbrzymie bogactwa, nagromadzone w milionach silników, nie stały się zbiorowiskiem przedmiotów bezwartościowych.

Najbliższym materiałem zastępczym benzyny są bezwzględnie produkty przerobu węgla na tej lub innej drodze. W tym kierunku, od czasu wojny światowej zrobiono już dużo. Lecz i to źródło energii i paliwa płynnego, jakim może być węgiel, posiada te same słabe strony, co i ropa: jest wyczerpalne i nie przez wszystkie państwa posiadane.

Nieograniczonym źródłem energii na ziemi jest energia słoneczna i świat roślinny, zapomocą których człowiek tę energję czerpie. Dlatego też technika, dla zastąpienia paliwa mineralnego, jakim jest benzyna, musiała się zwrócić ku produktom pochodzenia roślinnego, które stanowią źródło energii wyczerpalne jedynie z zamarciem słońca.

Znaczenie dla celów napędowych będą miały produkty destylacji drzewa, oleje roślinne (w krajach południowych) i spirytus. Szczególnie ten ostatni posiada wszelkie cechy, które go stawiają w pierwszym rzędzie, jako produkt zastępujący benzynę.

Przedewszystkiem możemy go otrzymać z całego szeregu roślin, zawierających węglowodany, głównie cukry i skrobię, a więc z produktów, rosnących w każdym klimacie i dających dobre plony nawet na ziemiach niezbyt urodzajnych, Surowce do tworzenia węglowodanów w roślinie, jak dwutlenek węgla i woda, zawarte są w przyrodzie w dostatecznej ilości, a energia słoneczna magazynuje się jako ukryta energia chemiczna węglowodanów. Najlepsze wyniki pod względem nagromadzenia energii otrzymujemy przy uprawie buraków cukrowych i kartofli. Charakterystyczne są cyfry, otrzymane z prób, przeprowadzanych na farmie doświadczalnej Ford'a, uprawianej traktorami, pędzonymi spirytusem. Obliczono, że zbiór ziemniaków z 1 ha wystarczy do mechanicznej uprawy tegoż *ha* przez lat 100⁴⁾, czyli, innymi słowy, zaledwie 1% zbiorów idzie na uprawę mechaniczną, gdy tymczasem te same cyfry, przy użyciu jako siły pociągowej konia lub wołu, wynoszą 20%. Widzimy więc, że uprawa mechaniczna ma wielką przewagę nad dotychczasową, tembardziej, że przy obecnym stanie rozwoju fabrykacji nawozów sztucznych, mierzwa bydłęca przestała być jedynym materiałem nawozowym.

Ekonomiczność spirytusu sprawiła, że we wszystkich krajach, które rozwiązują kwestję zastąpienia benzyny innym paliwem płynnym, spirytus stanął na pierwszym miejscu.

Jednak sam spirytus nie odpowiada wszystkim wymaganiom, stawianym paliwu do silników spalinowych. Przedewszystkiem niska wartość opałowa (6080 Kal/kg lub 4940 Kal/l) dla spirytusu, wobec

¹⁾ H. Gliwic. Podstawy ekonomiki światowej, T. I, str. 258.

²⁾ Motorwagen. Lipiec 1926.

³⁾ M. Rotstein. Przemysł Rolny, Nr. 4, 1926.

⁴⁾ Zeitschr. f. Spiritusind., Nr. 8, 1925 r. lub Technika Gorzelnicza, Nr. 4, 1925 r.

10500 Kal/kg i 7725 Kal/l dla benzyny) i wysoki punkt zapłonu, powodują w zwykłym silniku benzynowym trudny rozruch i małą jego moc. Dla usunięcia tych własności, powodujących małą wartość spirytusu jako paliwa, poddajemy go karburyzowaniu przez dodanie składników o dużej wartości kalorycznej oraz innych o niskim punkcie zapłonu, przez co obniżamy zapłon całej mieszaniny.

W ten sposób powstał we Francji t. zw. „Carburant National”, w Niemczech „Reichskraftstoff”, „Monopolin”, w Czechosłowacji „Dynalkol” i t. p.

Przy rozpatrywaniu dotychczasowych prac nad otrzymaniem mieszanki spirytusowej do celów napędowych, możemy rozróżnić dwa kierunki:

1^o francuski, gdzie środkami karburacyjnymi są destylaty ropy naftowej, i

2^o niemiecki, stosujący jako nawęglacze przeważnie destylaty smoły węglowej.

Dwa te odmienne kierunki wynikają z różnych warunków gospodarczych, w jakich się znajdują Francja i Niemcy. „Paliwo narodowe” musi być przygotowane z produktów krajowych, dostępnych w dużej ilości. Dlatego Niemcy, posiadając nadmiar koksowni i wykupując znaczną część produkcji Śląska Polskiego, mają tak wielkie ilości benzoli, że mogą ich dostateczną ilość poświęcić do celów napędowych, bez szkody dla innych gałęzi przemysłu. Ilość koksowni we Francji jest niedostateczna. Musi ona sprowadzać koks z zagranicy dla potrzeb własnego przemysłu metalurgicznego. Stąd też niewielka produkcja benzoli, jako produktu ubocznego. Jeżeli weźmiemy pod uwagę, że konsumpcja benzyny wynosi dziś we Francji około 11 000 000 hl^o) to staje się oczywiste, że gdyby Francja stosowała jako nawęglacz benzol, musiałaby go importować z Niemiec lub Anglii.

Ogólnie możemy powiedzieć, że w krajach, które nie posiadają dostatecznie rozwiniętego przemysłu koksowniczego, nawęglaczami spirytusu będą destylaty ropy naftowej. Tą drogą poszła Francja, a w przyszłości pójdą Włochy, Hiszpanja, Węgry, kraje Skandynawskie i państwa Bałtyckie.

W krajach o wysoko rozwiniętym przemyśle suchej destylacji węgla, część benzoli będzie użyta do celów napędowych i łącznie z produktami ropowymi służyć będzie do nawęglania spirytusu. Tą drogą poszły Niemcy i Czechosłowacja, a w przyszłości pójdzie zapewne i Anglia.

Zagadnienie „paliwa narodowego” przyspieszyło jednocześnie rozwiązanie otrzymania alkoholu absolutnego. Z doświadczeń nad mieszaniną alkoholu z benzyną stwierdzono, że mieszanina taka jest nietrwała w niskich temperaturach i przytem trwałość zmniejsza się ze wzrostem zawartości wody w alkoholu i punktem wrzenia benzyny. Im słabsza i cięższa benzyna, tem łatwiej następuje rozdzielenie się mieszaniny na 2 lub więcej warstw. Jeżeli do doświadczenia użyjemy alkoholu absolutnego lub bliskiego do absolutnego (99,8^o), to przekonamy się, że nawet mieszaniny z naftą są trwałe w dostatecznie niskich temperaturach. Dlatego we Francji, która do karburacji używa produktów ropowych, opracowano najwcześniej metodę otrzymywania alkoholu absolutnego, którego produkcja dzienna wynosi już dziś około 2000 hl.

Polska pod względem zaopatrzenia w paliwo płynne znajduje się w pomyślniejszych warunkach, niż sąsiednie wielkie mocarstwo. Posiadając własne źródła ropy naftowej oraz znacznie rozwinięty przemysł koksowniczy, Polska w chwili obecnej paliwo płynne eksportuje. Nie możemy się jednak łudzić, że stosunki obecne będą trwałe. Ilość czynnych samochodów i traktorów zwiększa się stale, a szybszemu rozwojowi w tym kierunku stoi na przeszkodzie jedynie obecny stan ekonomiczny kraju. Ponieważ produkcja ropy w Polsce ma nawet tendencję zniżkową, więc i u nas nadejdzie czas, kiedy dzisiejszy nadmiar benzyny zmieni się na jej brak.

Co do produkcji spirytusu, to Polska jest w wyjątkowo korzystnych warunkach. Każda z trzech połaci Polski porozbiorowej miała wysoce rozwinięty przemysł spirytusowy, który tylko nieznaczna część swej produkcji (około połowy) mógł umieścić na rynku krajowym. Reszta była produktem eksportowym, wywożonym w głąb kraju zaborczego. Zabór rosyjski dostarczał spirytusu dla głębi Rosji, Galicja — dla Austrii, Wielkopolska — dla Niemiec. Po powstaniu Polski niepodległej, te wszystkie zrzeszone dzielnice okazały się w stanie potencjalnej nadprodukcji spirytusu, którego nigdzie nie można było umieścić, gdyż po wojnie zaszły wypadki, zmieniające całkowicie koniunkturę rynku spirytusowego.

Przedewszystkiem kraje, które spożywały spirytus polski, wzmogły u siebie produkcję tego ostatniego i pokryły swoje zapotrzebowanie (Niemcy), inne rynki odpadły ze względów politycznych (Rosja sowiecka) i wogóle, wskutek zubożenia powojennego, nastąpił spadek spożycia spirytusu tak konsumpcyjnego, jak i technicznego. Niemniej do zmniejszenia spożycia wszechświatowego przyczyniła się polityka prohibicyjna w Stanach Zjednoczonych A. P. oraz w niektórych państwach Skandynawskich.

Dla przemysłu spirytusowego Polski, liczącego przed wojną 2430 gorzelni rolniczych, 47 gorzelni przemysłowych i 15 drożdżowni, o produkcji około 2 500 000 hl^o) spirytusu 100%, możność umieszczenia tej produkcji spadła do minimum. Zakreślony kontyngent wypędu na r. 1925/26 wynosi 586 000 hl^o). Ponieważ ilość czynnych gorzelni wynosi obecnie 1314, więc średni wypęd dzienny, przy 200 dniach kampanji, wyniesie 223 l, gdy tymczasem przed wojną cyfra ta wynosiła 515 litrów.

Z zestawienia tych faktów stanie się jasnym dążenie przemysłu spirytusowego Polski, do wynalezienia nowego rynku zbytu, dla utrzymania produkcji spirytusu w Rzeczypospolitej, chociażby na wysokości przedwojennej.

Z punktu widzenia ekonomiki państwowej, produkcja spirytusu jest gałęzią przemysłu wzbogacającą kraj. Gorzelnictwo przerabia jedynie węglowodany, których niewyczerpane źródło mamy w dwutlenku węgla i energii słonecznej. Wszystko co w ziemniaku nie jest węglowodanem, przechodzi jako wywar przez oborę i w postaci gnoju wraca do ziemi. Stąd stała intensyfikacja gleby w gospodarstwach ziemniaczanych.

^o) Modrzejewski, Butkiewicz i Grabiański. Zastosowanie spirytusu do celów technicznych. Wydawnictwo D. P. M. S. 1925 r. str. 7.

^o) Sprawozdanie Dyrekcji P. M. S. od 1 grudnia 1925 r. do 31 sierpnia 1926 r.

^o) M. Callerot. Le regime actuel de l'alcool. Paris, 1924.

Jednym z niewielu szerokich ujść dla alkoholu jest użycie go w silnikach spalinyowych, specjalnie w silnikach szybkoobrotowych, gdzie cechy takie, jak sprawność silnika, czystość spalania i t. p. są na pierwszym planie. Takie są wymagania samochodów, traktorów, silników lotniczych etc.

Szereg instytucji, związanych z przemysłem spirytusowym z jednej strony, a spoglądających cokolwiek dalej w przyszłość ekonomicznego rozwoju Rzplitej z drugiej strony, zainicjował organizację prób, mających na celu wypracowanie dla Polski typu paliwa płynnego o podłożu spirytusowym, nadającego się do pędzenia lekkich przenośnych motorów.

Inicjatywa wyszła od Komitetu Popierania Technicznych Zastosowań Spirytusu przy Sekcji Przemysłowej Polskiego Towarzystwa Chemicznego. Akcję tę poparły przede wszystkim Dyrekcja Państwowego Monopoliu Spirytusowego, Naczelna Organizacja Przemysłu Gorzelników Rolniczych w Polsce i poszczególne przedsiębiorstwa przemysłowe, jak firma „Akwawit” w Poznaniu i Sieleckie Zakłady Chemiczne.

Praktycznego przeprowadzenia studjów i badań podjęli się profesorowie Politechniki Warszawskiej: K. Tawlor, kierownik Zakładu Silników Spalinowych i W. Iwanowski, kierownik Zakładu Technologji Fermentacji i Produktów Spożywczych. Bezpośrednie wykonywanie czynności technicznych z próbami związanych, wykonanie prób laboratoryjnych i cała strona gospodarcza, spoczywała na barkach inż.-chemika P. Wojcieszaka.

Po prowizorycznym rozplanowaniu roboty, została zapewniona nieoszacowana wprost współpraca Centralnych Warsztatów Samochodowych M. S. Wojsk, w osobach naczelnika C. W. S. inż. majora K. Mevera i inż. T. Paszewskiego.

Współpraca C. W. S. M. S. Wojsk. zapewniła możliwość korzystania ze stacji doświadczalnej silników oraz z materiału maszynowego dla prób stacyjnych i raidowych.

Nie możemy również pominąć przychylnego stosunku i zrozumienia sprawy ze strony przedstawicielstw poszczególnych firm samochodowych. Korzystaliśmy z łaskawej pomocy p. dyr. Cz. Łącznego, przedstawiciela firmy „Unic”, inż. M. Rotsteina, przedstawiciela firmy „Chrysler, Rochet et Schneider i Delahaye” oraz firmy „Laurin i Klement” w osobie p. dyr. inż. Heynego.

Ogólne wymagania od mieszanin napędowych i ich skład łącznie z temi wymaganiami.

Przy opracowaniu typu mieszanek, wychodziłmy z założeń, że:

- 1) przygotowujemy mieszankę z produktów krajowych (samowystarczalność);
- 2) mieszanka ma się nadawać do pędzenia silników, przystosowanych do benzyny, bez żadnych zasadniczych w nich przeróbek;
- 3) mieszanka zawiera możliwie duży % alkoholu.

Własności, jakie powinna mieć dobra mieszanka napędowa, muszą być takie jak i benzyny, które ją stawiają wysoko w szeregu różnego rodzaju paliw płynnych. W miarę możliwości, powinny być usunięte te własności benzyny, które stanowią jej wady.

Warunkami, stanowiącymi o dużej wartości mieszanki jako paliwa do silników spalinyowych, są:

1. Całkowite spalanie bez sadzy i dymu; ma to duże znaczenie przede wszystkim dla ruchu miejskiego, gdzie na małych przestrzeniach kursują setki samochodów, zanieczyszczając w razie kopcenia w znacznym stopniu powietrze; wyzyskanie termiczne paliwa jest wtedy gorsze, gdyż wydzielona sadza stanowi niespalony węgiel, który ponadto zanieczyszcza przewody i części silnika (zarzucanie świec).

2. Duża i tania wartość opałowa; w celu podniesienia wartości opałowej spirytusu, stosuje się nawęglacze o dużym cieple spalania. Pomimo, że wart. opał. mieszanki jest o 15 — 18% mniejsza, niż benzyny, jednak otrzymana moc silnika pędzonego mieszanką, nie różni się znacznie od mocy przy pędzeniu benzyną (ok. 2 — 3%). Ponieważ wyzyskanie termiczne jest lepsze przy opalaniu mieszanką niż przy benzynie, więc zużycie na jednostkę czasu mieszanki i benzyny jest prawie jednakowe. Jest to w związku z możliwością większego sprężania w cylindrze bez obawy przedwczeszego zapalenia się gazu: (p dla benzyny = 4 do 6 at, p dla spirytusu = 14 at).

3. Niski punkt zapłonu; od niego zależy łatwość rozruchu, t. j. puszczenie zimnego silnika w ruch. Ponieważ w mieszance, oprócz spirytusu, który posiada punkt zapłonu znacznie wyższy od lekkiej benzyny, są składniki o zapłonie jeszcze trudniejszym, więc dla łatwości rozruchu dodajemy niewielki % eteru, który znakomicie obniża zapłon całej mieszaniny.

4. Jednolitość w szerokich granicach temperatur; mieszanka, składająca się z całego szeregu składników o różnych charakterach chemicznych (alkohole, etery, węglowodory aromatyczne, alifatyczne i t. d.) nie jest z natury rzeczy mieszaniną trwałą i przy zmianie warunków może nastąpić rozdzielanie na 2 lub więcej warstw. Jednym z tych warunków jest niska temperatura i dlatego składniki mieszanki należy dobierać w takich stosunkach, ażeby jej jednolitość była zachowana przy oziębianiu nawet do -30°C .

5. Ze względów skarbowych, należy dbać o dokładne skażenie spirytusu, tak żeby z mieszaniny nie można było go wydzielić w stanie zdatnym do picia, nawet dla mało wybrednych gustów.

Dla wyprodukowania mieszanki, z powodu znacznej już samowystarczalności i względnie dużej konsumpcji, musimy użyć łatwo dostępnych produktów krajowych.

W grę tu wchodziły przede wszystkim, prócz spirytusu, produkty destylacji smoły węglowej i cięższe destylaty ropy naftowej. Składniki te możemy podzielić na 4 grupy:

- 1) nawęglające, t. j. składniki o dużym cieple spalania (benzyna ciężka i lekka, nafta, benzol, solwent-nafta),
- 2) homogenizujące, t. j. utrzymujące jednolitość mieszanki przy niskich temperaturach (eter, benzol i solwent-nafta),
- 3) zapłaniające, dzięki obecności których mieszanka daje łatwy rozruch silnika (eter, benzyna, benzol),
- 4) potaniające, t. j. składniki o dużej wartości kalorycznej, lecz niskiej cenie (ciężka benzyna, nafta, solwent-nafta).

Poszczególne z tych składników, prócz benzy-ny i benzolu, użyte samodzielnie jako paliwo, nie nadają się do pędzenia samochodów, bądź z powodu małej wartości opałowej (spirytus, eter), bądź też z powodu niezupełnego spalania lub trudnego rozruchu w związku z wysokim punktem zapłonu (lakbenzyna, solwent-nafta, nafta).

Dopiero wszystkie te składniki, zmieszane w odpowiednim, zresztą zmiennym, stosunku, dają mieszanekę o pożądanych, wyżej wymienionych własnościach, charakteryzujących dobre paliwo.

Składników o wysokiej cenie dodajemy ilości konieczne, zaś składników o niskiej cenie — ilości możliwie duże, w obu wypadkach licząc się z utrzymaniem pożądanej jakości paliwa.

Co do badań laboratoryjnych, to uwzględniono następujące:

1) Zbadanie trwałości mieszanek w niskich temperaturach; dzięki własnościom homogenizacyjnym benzolu, solwent-nafty i eteru, mogliśmy przygotować mieszanekę, dla których t. zw. punkt zmętnienia (t. j. temperatura, przy której mieszanina przestaje być klarowną — rozdziela się na składniki) leży poniżej — 30°C. Nawet mieszanek z niewielką zawartością nafty (10% — 15%) wytrzymują to oziębienie. Dopiero zwiększenie procentu nafty do 20 — 25% powoduje podwyższenie punktu zmętnienia — do 8°C., co dla warunków zimowych w Polsce jest już trwałością niedostateczną. Naj-

większą siłę homogenizującą posiada eter, następnie benzol i solwent-nafta.

Siła homogenizacyjna eteru : benzolu : solwent-nafty = 1 : 0,56 : 0,50.

2) Badanie na punkt zapłonu mieszanek, od którego zależy łatwość rozruchu silnika. Ustalono jedynie, że dla naszych mieszanek punkt ten jest niższy, aniżeli dla mieszanek o składzie 50% alkoholu i 50% benzolu. Ponieważ mieszanek o tym składzie została wielokrotnie wypróbowana w Polsce i zagranicą i wykazała dostateczne własności co do rozruchu zimnego silnika, więc przygotowując mieszaniny o punkcie zapłonu niższym, możemy zgóry przewidzieć łatwy rozruch.

3) Badania na zachowanie się przy destylacji wykazały, że mieszanek, mimo wysokowrzęcych składników, destylują w dość niskich temperaturach i względnie niskich granicach, dzięki wytwarzaniu mieszanin eutektycznych. Jest to własność mieszanek b. dodatnia, która powoduje równomierną pracę w karburatorze, jak również unikamy przez to przewlekłych zapłonów (elastyczny bieg).

Żadna z otrzymanych frakcji nie mogła służyć za napój. Również destylacja części alkoholowej, otrzymanej przez wyklócenie mieszanek z wodą, nie dała alkoholu konsumpcyjnego, który mógłby zadowolić mało nawet wybredne gusty.

Niżej umieszczona tablica podaje stałe fizyczne, charakteryzujące poszczególne mieszanek, wypróbowane w silnikach samochodowych.

TABELA I.

Charakterystyka mieszanek.

Symbol miesz.	Skład objętościowy w proc. (bez eteru)							Ciężar właściwy 15° C	Punkt zmętnienia	Punkt zapłonu	Wartość opał.		Cena w groszach		
	Alk.	C ₆ H ₆	Solw. naft.	Ben-zyna	Lak benzyna	Nafta	Eter				1 l	1 kg	1 l	1 kg	10000 Kal.
A-2	50	15	10	10	15		7,5	0,810	W temper. -20°C wszystkie jeszcze trwałe	Poniżej - 4°C	6492	8015	62,15	76,80	95,80
B-2	50	15	10	15	10		5,0	0,810			6491	8016	62,82	77,53	96,80
C-2	50	10	15	15	10		5,0	0,812			6501	8004	58,26	71,80	89,70
D-2	50	10	15	10	15		7,5	0,812			6503	8004	57,68	71,10	88,80
E-2	50	10	10	20	10		5,0	0,804			6465	8044	59,20	73,60	91,60
F-2	50	15	15	10	10		7,5	0,817			6509	7980	79,62	73,00	91,50
G-2	50	10	10	15	15		5,0	0,807			6484	8040	58,40	72,50	90,20
H-2	50	20	5	10	15		7,5	0,809			6479	8002	61,62	76,10	95,20
O-2	60	10	10	10	10		7,5	0,801			6189	7727	56,94	71,10	92,00
Naf-1	50	15	15	10		10	8,0	0,820			6541	7978	58,32	71,20	89,20
Naf-2	30	15	10	10		15	8,0	0,816			6542	8017	57,83	70,80	88,40
Naf-3	50	15	10	5		20	8,0	0,820			6579	8020	56,42	68,80	85,80
Naf-4	50	15		10	10	15	8,0	0,806			6508	8072	58,10	72,10	89,30
Naf-5	50	15	10		10	15	8,0	0,821			6580	8019	56,25	68,60	85,60
L benzy-nowa I	50	10	15		25		8,0	0,817			W -20°C jeszcze trwała	6535	8002	56,15	68,70
L benzy-nowa II	50				50		8,0	0,793	+3°C	6463	8147	52,87	66,60	81,60	
Benzyna								0,730-40	ok. -97°C	ok. -40°C	7225	10500	73,5	100,00	95,5

(d. n.)