



Stanisław Chyrczakowski

**OCENA KIERUNKÓW ROZWOJU
BUDOWNICTWA MIESZKANIOWEGO
Z PUNKTU WIDZENIA ZAPOTRZEBOWANIA
NA PALIWA I ENERGIĘ**

6/1991

P. 269



WARSZAWA 1991

Praca wpłynęła do Redakcji dnia 13 grudnia 1991 r.



56776



N a p r a w a c h r ę k o p i s u

Instytut Podstawowych Problemów Techniki PAN

Nakład 100 egz. Ark.wyd.2,25, Ark.druk.3,0

Oddano do drukarni w maju 1991 r.

Nr zamówienia 1 58/91

Warszawska Drukarnia Naukowa, Warszawa,
ul.Śniadeckich 8

Stanisław Chyrczakowski
Zakład Problemów Energetyki

OCENA KIERUNKÓW ROZWOJU BUDOWNICTWA MIESZKANIOWEGO
Z PUNKTU WIDZENIA ZAPOTRZEBOWANIA
NA PALIWA I ENERGIĘ*

STRESZCZENIE

Praca prezentuje ocenę kierunków rozwoju budownictwa mieszkaniowego, dokonaną z punktu widzenia zapotrzebowania na paliwa i energię. Na wstępie przeanalizowano kierunki rozwoju budownictwa mieszkaniowego w oparciu o dane literaturowe na ten temat. Szczególną uwagę zwrócono na te zagadnienia technologiczne i na te tendencje w budownictwie, które w bezpośredni sposób wpływają na zużycie paliw i energii.

Przedstawiono problematykę obliczania zużycia energii na wznoszenie budynków mieszkalnych. Wykazano, że istnieją tu duże różnice pomiędzy poszczególnymi technologiami wznoszenia budynków. Najmniejszą energochłonnością charakteryzuje się technologia monolityczna (budynki wielorodzinne), największą zaś - technologia murowa z użyciem elementów prefabrykowanych (budynki jednorodzinne).

Przedyskutowano problem zużycia energii na ogrzewanie budynków mieszkalnych, w zależności od technologii ich wykonania, wysokości, formy itp. Pokazano, że o zużyciu energii decyduje tutaj nie tyle technologia wykonania budynku (w sensie klasyfikacji dokonywanej w oparciu o sposób rozwiązania ustroju nośnego), lecz metoda wykonania tzw. obudowy zewnętrznej budynku, która może być, lecz nie musi, związana z technologią wzniesienia budynku jako całości. Istotną rolę odgrywa tutaj również wysokość i forma budynku.

* - praca wykonana w ramach CPBR 4.1, w temacie P3.07.02,
jako opracowanie monograficzne P3.07.02.04/2.

W oparciu o przeprowadzone obliczenia modelowe przedstawiono wnioski dotyczące rozwoju budownictwa, będące ustosunkowaniem się autora do aktualnych kierunków rozwoju budownictwa mieszkaniowego w Polsce. Najważniejsze z nich to:

1. W budownictwie wielorodzinnym należy rozwijać monolityczną technikę wznoszenia budynków, równoległe z modyfikowaniem techniki wielkopłytowej i (w ograniczonym zakresie) z rozwojem nowoczesnych odmian techniki murowej.

2. W budownictwie jednorodzinym należy dążyć do większego zróżnicowania technologicznego, przy zachowaniu możliwie wysokiej izolacyjności termicznej budynków.

3. Jeśli chodzi o wysokość i formę budynków - w budownictwie wielorodzinnym można stosować pełną gamę wysokości budynków, z tym że przy projektowaniu i wykonywaniu budynków wysokich należy szczególną uwagę zwracać na problemy wentylacji oraz energochłonności użytkowania. W stosunku do budownictwa jednorodzinego należy preferować budownictwo szeregowe, które jest najbardziej energooszczędne w budowie i eksploatacji.

4. Przy planowaniu potrzeb energetycznych sektora mieszkaniowego należy mieć na uwadze, że niezależnie od zakładanego postępu technicznego występuje kilka zjawisk powodujących zwiększenie zużycia energii: postępujący wzrost średniej powierzchni mieszkań, przesuwanie się "środka ciężkości" nowobudowanych mieszkań w kierunku budownictwa jednorodzinego, podwyższanie komfortu cieplnego w mieszkaniach. Zjawiska te w pewnym stopniu redukują możliwe do osiągnięcia oszczędności energetyczne powstające w wyniku zastosowania nowych technologii budowlanych i instalacyjnych.

5. Nie uda się rozwiązać problemów energetycznych budownictwa mieszkaniowego bez masowej akcji docieplania budynków starych. Należy jednak przy tym pamiętać, że w odniesieniu do ok. 80 % nich wystąpi tu problem nie tylko termorenowacji obudowy zewnętrznej, lecz również modernizacji i remontu całego budynku.

I. WSTĘP

Praca niniejsza powstała w ramach CPBR 4.1, temat P3.07.02, toteż jest w ścisłym związku z opracowaniami "Wstępna optymalizacja struktury technologii krajowego budownictwa mieszkaniowego z punktu widzenia zapotrzebowania na paliwa i energię" [1] oraz "Analiza kierunków rozwoju techniki i struktury budownictwa w świetle perspektywicznych deficytów i cen paliw na podstawie obliczeń modelowych" [2]. Celem jej jest przedstawienie syntezy wyników dotychczas wykonanych badań, a nie prezentacja szczegółów metodologicznych czy obliczeniowych. Czytelnika zainteresowanego detalami odsyłamy tutaj do wymienionych wyżej opracowań [1,2], a także do wcześniej wykonanych w Zakładzie Problemów Energetyki IPPT PAN badań z zakresu problematyki energetycznej budownictwa mieszkaniowego [3-6] oraz modelowania energetycznego budynków mieszkalnych [7-10].

Zagadnienia energetyczne w budownictwie [11-15] nabierają w ostatnich latach szczególnego znaczenia. Nie ma dziś publikacji nt. kierunków rozwoju budownictwa mieszkaniowego (np. [16-19]), która by nie przedstawiała działań technicznych i organizacyjnych podejmowanych w celu zmniejszenia zużycia energii w budynkach mieszkalnych. Prowadzone są różne działania, począwszy od urbanistycznych i architektonicznych [20-24], poprzez ulepszenia zewnętrznych przegród budynku (np. [25,26]) oraz systemów ogrzewczych i wentylacyjnych [27-30], aż do zastosowania odnawialnych źródeł energii [31,32] i biernego wykorzystania energii słonecznej [33,34]. Tworzone są całe systemy energooszczędnego budownictwa mieszkaniowego [35]. Niestety większość z tych działań pozostaje w sferze badań naukowych lub co najwyżej konstruowania pojedynczych budynków eksperymentalnych. Nie dotyczy to być może akcji ocieplania budynków, lecz prowadzona jest ona, jak dotąd, głównie nie w celu zmniejszenia strat ciepła, lecz dla usunięcia przemarzań. Pomimo wprowadzenia w 1983 r. nowej normy ochrony cieplnej budynków (PN-82/B-02020) zużycie energii w zasobach

mieszkaniowych nieustannie rośnie, co spowodowane jest nie tylko przyrostem kubatury, lecz i niską jakością wykonawstwa budowlanego oraz pogarszającym się stanem systemów ciepłowniczych.

Tymczasem na świecie, nawet w Stanach Zjednoczonych, gdzie energia ma nadal opinię taniej i zadawane są wręcz pytania, po co ją oszczędzać [36], od szeregu lat notuje się istotny postęp w tej dziedzinie. Prof. T.E.Stelson podaje [37], że zużycie energii w budynkach mieszkalnych w ciągu ostatnich 15 lat zmniejszyło się, i pozostaje mniej więcej na tym samym poziomie, pomimo że liczba gospodarstw domowych wzrosła w tym czasie o ok. 35 % . W Polsce natomiast nadal pozostajemy w sferze ambitnych zamierzeń [38], efekty których mogą okazać się mniejsze [39] niż sądzą ich autorzy.

Nie miejsce tutaj na porównywanie Polski z innymi krajami, które przodują w dziedzinie racjonalizacji zużycia energii w budownictwie, jak Szwecja, Dania czy RFN. Powyższe uwagi wypowiedziano jedynie dla uzmysłowienia Czytelnikowi, jak wielki jest wpływ kierunków, którymi podaży nasze budownictwo, na zużycie energii w naszych mieszkaniach (i na to, czy będą one w ogóle zbudowane). Energii, której w nowych warunkach gospodarczych raczej nie powinno zabraknąć, lecz na którą być może nie będzie nas stać.

I. KIERUNKI ROZWOJU BUDOWNICTWA MIESZKANIOWEGO

Istnieje pewna nieokreśloność pojęcia "kierunki rozwoju budownictwa mieszkaniowego". Na ogół rozumie się przez to mniej lub bardziej oficjalne programy rozwoju budownictwa mieszkaniowego, artykułowane w postaci stosownych opracowań takich ośrodków jak COBPBO, ITB, Politechnika Warszawska, "Orgbud", IGPIK czy "Instal". Na podstawie tych prac formułowane jest stanowisko Ministerstwa Gospodarki Przestrzennej i Budownictwa oraz Centralnego Urzędu Planowania, a jeżeli jest mowa o energii w budownictwie na tle całego krajowego systemu paliwowo-energetycznego - wypowiada się również Ministerstwo Przemysłu.

Nieco inne znaczenie terminu "kierunki rozwoju budownictwa mieszkaniowego" można znaleźć studiując literaturę przedmiotu, przede wszystkim materiały konferencyjne. Naukowcy i inżynierowie prezentują tam nowe rozwiązania architektoniczne, nowe technologie wykonania przegród zewnętrznych budynków, energooszczędne systemy ogrzewcze i wentylacyjne, urządzenia do pozyskiwania energii odnawialnej. Lektura tych prac jest niewątpliwie bardziej ciekawa niż opracowań wymienionych w poprzednim paragrafie - niestety upływa kilkanaście lat, zanim rozwiązania techniczne dobrze znane naukowcom, znajdują zastosowanie w codziennej praktyce. Jest to reguła [40] dotycząca nie tylko Polski ale i całego świata, obecne zacofanie techniczne naszego kraju w dziedzinie oszczędności energii w budownictwie wynika również z tego, że badania na szerszą skalę na tym polu zaczęliśmy nie w roku 1973, lecz w roku 1986.

Z wymienionych powodów autor niniejszej pracy szukał materiału do ustosunkowania się w pierwszej z wymienionych grup materiałów literaturowych. Grupa druga służyła jako źródło wiedzy o problemie, niezbędnej do przeprowadzenia odpowiednich obliczeń modelowych. Natrafia się tu i tak na spore trudności. O ile np. wszyscy badacze zgadzają się co do konieczności podwyższenia izolacyjności ścian zewnętrznych budynków, to istnieją poważne rozbieżności w ocenie pożądanego współczynnika

przenikania ciepła tych przegród. Podobne różnice zdań spotyka się co do oceny perspektyw wprowadzenia pomp ciepła do budynków mieszkalnych czy też efektywności przegród kolektorowo-akumulacyjnych (ścian Trombe'a).

Dane ilościowe oraz jakościowe informacje dotyczące kierunków rozwoju budownictwa mieszkaniowego zaczerpnięto zatem z następujących źródeł: [16-19], [38,41,43,45,46], a także z opracowań wykonanych przez ekspertów specjalnie na użytek niniejszej pracy [47-51].

Prognozy ilościowe rozwoju budownictwa mieszkaniowego

Jeszcze 2 lata temu, w dobie gospodarki scentralizowanej, planowanie ilościowego rozwoju budownictwa wydawało się stosunkowo proste. Np. Narodowy Plan Społeczno-Gospodarczy przewidywał wybudowanie w latach 1986-1990 1050-1150 tys. mieszkań. Dla lat 1991-1995 planowano wybudowanie 1400 tys. mieszkań, zaś w pięcioletku 1996-2000 - 1550 tysięcy [41].

Obecnie, w stanie kompletnego załamania się budownictwa mieszkaniowego (z czym mamy do czynienia już od kilku lat), w momencie dość szybkich przeobrażeń politycznych, społecznych i gospodarczych, gdy budownictwo jednorodzinne - nieuspołecznione z roku na rok uzyskuje coraz większy udział w całości produkcji budowlanej, bardzo trudno stawiać prognozy, a te zmieniają się dosłownie z miesiąca na miesiąc. Pokazuje to Tab. 1, w której przedstawiono oszacowania tempa budowy nowych mieszkań wg programu T.Sumienia [42] z listopada 1989 r., MGPIB z kwietnia 1990 r. [38] oraz MGPIB z czerwca 1990 r. [43]. Dla kontrastu podano również przewidywania MAiGP (obecnie MGPIB) z października 1985 [44].

Z Tab.1 widać z jak dużą niepewnością w przewidywaniach mamy do czynienia. Dla naszych celów ma to duże znaczenie, jeżeli chce się określić przyszłe nakłady energetyczne na ogrzewanie mieszkań [39], natomiast do jakościowej oceny kierunków rozwoju budownictwa - mniejsze. Chodzi tu bowiem o np. wskazanie,

jakie technologie budowlane zapewniają najmniejsze zużycie energii (porównanie względne), a nie o określenie bezwzględne ilości zużywanej energii.

Ponieważ zużycie energii na wnoszenie i eksploatację budynków mieszkalnych jest tym większe im więcej jest mieszkań (ale nie jest to zależność wprost proporcjonalna, jak przyjmują niektórzy), informacja o ilości budowanych mieszkań ogółem pozwala zorientować się, o znaczeniu wyboru drogi rozwoju budownictwa dla wielkości zużywanej w budynkach energii.

Struktura rodzajowa budownictwa mieszkaniowego

Jak wiadomo, istnieją różne rodzaje budownictwa mieszkaniowego. Mówimy o budownictwie wielorodzinnym i o budownictwie jednorodzinnym, o budownictwie w miastach i na wsi. W ramach budownictwa jednorodzinnego wyróżnia się ponadto budynki wolnostojące, bliźniacze oraz szeregowe. Można zatem się domyślać, że o zużyciu energii w mieszkaniu decyduje nie tylko jego wielkość, lecz również rodzaj budynku (w szczególności), w którym się ono znajduje. Dlatego informacja o strukturze budownictwa nieobojętna jest dla meritum pracy.

Informację o obecnej i przyszłej strukturze budownictwa mieszkaniowego można znaleźć w opracowaniach [41,45,46]. Była ona ostatnio aktualizowana [49]. Przedstawiono ją w Tab. 2-6.

Wyróżniamy dla naszych celów 2 rodzaje budynków wiejskich: wielorodzinne (BMW) i jednorodzinne (BMJ), gdyż różnią się one zasadniczo zarówno w jednostkowych stratach ciepła, jak też i w zużyciu energii pierwotnej poświęconej na ich wzniesienie.

W stosunku do budynków wiejskich często nie stosujemy podziału na jednorodzinne i wielorodzinne [3-5], gdyż udział tych ostatnich (licząc powierzchniowo) nie przekracza 10 % , operuje się wtedy wskaźnikami ważonymi dotyczącymi całej zabudowy wiejskiej. W bardziej dokładnych obliczeniach wyróżnia się jednak i na wsi oba rodzaje budynków. Ich relacja ilościowa znana jest jednak ze stosunkowo małą dokładnością.

Strukturę budownictwa w mieście i na wsi przedstawiono w Tab. 2 i 3.

Jak było wspomniane, w budownictwie jednorodzinnym, zarówno w miastach jak i na wsi, wyróżnia się budynki wolnostojące, bliźniacze i szeregowe (z powodu dużych różnic we wskaźnikach zapotrzebowania na energię do ogrzewania).

Udziały poszczególnych rodzajów budynków jednorodzinnych przedstawiono w Tab. 4.

Struktura wysokości budynków mieszkalnych

Jak wiadomo, straty ciepła w istotny sposób zależą od wysokości budynku, zaobserwowano także pewną zależność energochłonności skumulowanej wznoszenia budynków od ich wysokości, dla tej samej techniki wykonania budynków [52]. Wobec tego, korzystając z cytowanych źródeł literaturowych określono aktualną i prognozowaną strukturę wysokościową budownictwa (Tab.5). W przypadku budownictwa wielorodzinnego różni się ona nieznacznie od oryginalnych danych uzyskanych od eksperta [49] dla umożliwienia zastosowania istniejącego zbioru budynków modelowych [45] również do obliczeń dotyczących przyszłości. Zbiór ten, opracowany dla budownictwa lat 1986-1990 nie jest całkiem adekwatny dla przyszłych struktur budownictwa, lecz lepszego po prostu nie ma, stąd konieczność pewnej modyfikacji samej struktury. Modyfikacje nie są duże [53], stąd ich wpływ na obliczone zużycie energii również niewielki, i jak oceniono, bez znaczenia dla wniosków dotyczących kierunków rozwoju budownictwa.

Strukturę wysokościową budownictwa przedstawiono w Tab. 5.

Struktura technologii

Największe znaczenie dla zużycia energii w budownictwie ma jego rozwój technologiczny. Jak wiadomo, nowe techniki wykonywania budynków, w szczególności ich przegród zewnętrznych i instalacji ogrzewczo-wentylacyjnych mogą zredukować potrzeby energetyczne budynków nawet o ok. 50 % w polskich warunkach, a na świecie postęp jest jeszcze większy. Znane są tzw. budynki zeroenergetyczne, które w ogóle nie wymagają zasilania, a ich bardzo niewielkie straty ciepła pokrywane są z nawiązka przez zyski od promieniowania słonecznego i przez tzw. zyski wewnętrzne, pochodzące od urządzeń nie służących ogrzewaniu pomieszczeń, lecz przygotowaniu ciepłej wody, przygotowaniu posiłków itp. oraz od promieniowania cieplnego samych ludzi przebywających w budynku.

Technologiom wykonania nowoczesnych, energooszczędnych przegród zewnętrznych poświęcono u nas ogromną liczbę publikacji, wystarczy wspomnieć jedynie już wymienione explicite poprzednio oraz te, które można znaleźć w cytowanych zbiorach referatów konferencyjnych. W skali masowej największe znaczenie będzie miała zapewne modyfikacja ścian zewnętrznych w technikach wielkopłytowych w kierunku zwiększenia ich termoizolacyjności i szczelności na złączach [17], a także modyfikacja całego systemu, w kierunku łączenia "wielkiej płyty" z technikami szkieletowymi i murowymi [16,19]. Duże nadzieje wiąże się z wprowadzeniem techniki prefabrykowanego szkieletu ZSBO-M [19], który stwarza szczególnie duże możliwości swobodnego kształtowania ścian osłonowych. Podobne możliwości cechują niedocenianą dzisiaj technikę monolityczną, a także nowo powstające systemy elementów średniowymiarowych "S1" oraz "S1-BIS"[19]. Pełny przegląd wdrażanych obecnie technik wykracza poza ramy niniejszej pracy. Nie jest on zresztą potrzebny, gdyż wiele z nich, istotnie się różniących od strony konstrukcyjnej (np. ryglowe i bezryglowe) stwarza takie same możliwości kształtowania ścian zewnętrznych, a co za tym idzie i możliwości redukcji strat ciepła.

Olbrzymia różnorodność panuje w nowych technologiach wykonywania ścian zewnętrznych w budynkach jednorodzinnych (niskich). Znane są takie systemy jak: "Mursa", "Oleszno", "AS", "BAUPOL", "DOMINO", "TERMOMUR" i inne [16,19], oferujące ściany o zbliżonych, bardzo małych współczynnikach przewodzenia ciepła. Stosunkowo niewielkie jeszcze rozpowszechnienie tych systemów i na ogół skomplikowana struktura przekroju ściany uniemożliwiają weryfikację współczynników przenikania ciepła podawanych przez producentów i co za tym idzie, dokonanie wyboru pomiędzy wspomnianymi systemami budownictwa jednorodzinnego.

Co do okien, to wszyscy zgadzają się z tym, że należy wprowadzać do budownictwa okna 3-szybowe lub/ oraz z warstwą nieprzepuszczającą promieniowania długofalowego, lecz niewielkie rozmiary produkcji takich okien i ich wysoka cena uniemożliwiają ich masowe zastosowanie. Okna z gazem inercyjnym pomiędzy szymbami lub wyposażone w rolety termoizolacyjne znane są w Polsce głównie z literatury.

Duże znaczenie dla strat ciepła, zwłaszcza w budynkach jednorodzinnych mają stropodachy, dachy i stropy nad ostatnimi ogrzewanymi kondygnacjami. Prowadzi się nad nimi badania, lecz raczej w aspekcie zwiększenia trwałości, niedopuszczenia do zawilgocenia i podwyższenia walorów estetycznych budynku, niż dla zwiększenia termoizolacyjności. Jeśli chodzi o to ostatnie, to wiadomo, co trzeba robić, a i wybór materiałów termoizolacyjnych jest w tu większy niż w przypadku ścian.

Podobna sytuacja panuje w odnienieniu do stropów nad piwnicami i podłóg na gruncie.

Technologia wykonania budynku jako całości (technika realizacji) ma duży wpływ na zużycie energii pierwotnej na produkcję materiałów, z których budynek jest wyprodukowany, na zużycie energii w transporcie tych materiałów i wreszcie na zużycie energii na placu budowy. Mówimy w tym przypadku o skumulowanym zużyciu energii na wzniesienie budynku lub o energochłonności skumulowanej wzniesienia. Ponieważ technika realizacji częściowo wiąże się i z bryłą budynku (np. w

technice murowej nie są wykonywane budynki powyżej 5 kondygnacji, zaś budynki monolityczne są z reguły wysokie), ma ona pośrednio również wpływ na zużycie energii na ogrzewanie.

W Tab. 6 przedstawiono strukturę obecnego i przyszłego budownictwa mieszkaniowego w stosunku do podstawowych technologii wznoszenia budynków. Podobnie jak w przypadku struktury wysokości budynków wielorodzinnych, oryginalne dane od eksperta zostały nieznacznie zmienione dla umożliwienia posłużenia się zbiorem budynków modelowych w obliczeniach.

Wielkość mieszkań

Jest to zagadnienie chyba najmniej skomplikowane, lecz o dużym znaczeniu. Proste porównanie ogólnodostępnych danych statystycznych GUS wskazuje, że średnia powierzchnia nowobudowanych mieszkań jest istotnie większa od średniej powierzchni mieszkań istniejących. W 1985 r. średnia powierzchnia istniejących mieszkań wynosiła:

- w budynkach wielorodzinnych w miastach - 46,54 m²,
- w budynkach jednorodzinnych w miastach - 64,26 m²,
- w budynkach wiejskich średnio - 63,81 m².

W Tab. 7 przedstawiono dla porównania przeciętną powierzchnię 1 mieszkania w nowobudowanych budynkach, w różnych typach zabudowy.

Jak widać, średnia powierzchnia mieszkania w budynkach wielorodzinnych wzrośnie do r. 2010 o prawie 23 % w stosunku do mieszkań budowanych obecnie, zaś w stosunku do mieszkań istniejących przekroczy średnią powierzchnię użytkową obecnego domku jednorodzinnego. Będzie miało to niebagatelny wpływ na zużycie energii. Ponieważ średnia powierzchnia użytkowa mieszkań w budynkach jednorodzinnych wzrasta dużo wolniej, oznacza to, że zużycie energii w mieszkaniu w budynku wielorodzinnym zbliży się do zużycia energii w domu jednorodzinnym. (Abstrahujemy w tym momencie od różnic w jednostkowym zużyciu energii (kWh/m²) w tych obu przypadkach).

Zagadnienie ociepleń, termorenowacji i remontów

Kierunki rozwoju budownictwa to nie tylko budowa nowych budynków (choć przede wszystkim), lecz i remontowanie starych. Dzieje się tak dlatego, że priorytety budowy nowych mieszkań i utrzymania obecnej substancji mieszkaniowej są wobec siebie w wyraźnej sprzeczności. Powody są natury bilansowej: bilans energetyczny może nie jest tu najważniejszy, ale bilans materiałów budowlanych i bilans zasobów pracy ludzkiej stwarzają konieczność wyboru - budować albo remontować, albo jedno i drugie, oba w niewystarczającym stopniu. Zagadnienia te dobrze omawia T.Sumień [42,54-55].

Z punktu widzenia ochrony cieplnej budynków najważniejsze są przegrody zewnętrzne, toteż o nich jest jedynie mowa w zamierzeniach dotyczących termorenowacji (ocieplenie ścian zewnętrznych, wymiana stolarki okiennej, wprowadzenie regulatorów przygrzejnikowych itp.) [38], jednakże należy sobie zdawać sprawę, że jedynie ok. 20 % budynków nadaje się do poprawienia samej tylko obudowy zewnętrznej, zaś w pozostałych należy przeprowadzić jeszcze remonty kapitalne lub modernizacje, aby termorenowacja przegród zewnętrznych miała w ogóle sens [54,55].

Stwarza to zupełnie nowe problemy materiałowe, finansowe i inne, niż znane z dyskusji nt. ociepleń budynków.

W Tab. 8 przedstawiono 2 prognozy termorenowacji budynków istniejących: przeliczona na liczby bezwzględne [39] wg maksymalistycznej prognozy MGPIB [38] oraz wg programu T.Sumienia [42].

Jak widać, prognoza MGPIB jest bardziej optymistyczna niż postulaty T.Sumienia [42], a jest to wariant górny jego programu [54].

III. ZUŻYCIE ENERGII NA WZNOSENIE BUDYNKÓW MIESZKALNYCH

Rozpatrując zużycie energii na wznoszenie budynków mieszkalnych musimy przede wszystkim wyraźnie wyodrębnić 2 pojęcia:

1. bezpośrednie zużycie energii na wznoszenie budynków mieszkalnych, zwane też zużyciem energii na placu budowy, oraz
2. skumulowane zużycie energii na na wznoszenie budynków mieszkalnych.

Pojęcie pierwsze dotyczy bezpośredniego zużycia poszczególnych nośników energii na placu budowy, która jest poświęcana na pracę maszyn o napędzie spalinowym (koparki, spychacze, transport wewnątrz placu budowy), na pracę maszyn o napędzie elektrycznym (dźwigi, betoniarki, elektronarzędzia) i na oświetlenie placu budowy oraz na potrzeby socjalne załogi (przygotowanie posiłków, oświetlenie, ciepła woda itp.). Na ogół poświęca się również pewną ilość energii na przyspieszenie wiązania betonu oraz na ogrzewanie budynku w trakcie prowadzenia prac wykończeniowych w zimie. Określenie tak zdefiniowanego zużycia energii tylko wtedy ma sens, jeżeli znane są ilości zużywanych nośników energii.

Zużycie energii na na placu budowy stanowi małą część (ok. 10 %) całkowitych nakładów energetycznych potrzebnych do wzniesienia budynku.

Pojęcie drugie dotyczy całości procesu budowlanego. Na budowie zużywana jest nie tylko energia, ale przede wszystkim różne materiały i wyroby budowlane. Do ich produkcji potrzebna jest również energia i na ogół inne materiały. Do wyprodukowania tych ostatnich - również energia, surowce, ... itd. Idąc dalej tą drogą dojdziemy do podstawowych surowców nieorganicznych (rudy metali, kopaliny mineralne, woda, gazy atmosferyczne) i organicznych (drewno leśne, ropa naftowa, gaz ziemny), z których część ma istotną wartość opałową. Zużywana na każdym etapie tego procesu energia jest zwykle energią pochodną, powstała w wyniku przetworzenia pierwotnych

nośników energii. Efektem końcowym takiej analizy jest zatem energia zawarta w paliwach pierwotnych oraz surowce nieenergetyczne.

Nas interesuje tu przede wszystkim energia. Tak zdefiniowane jej zużycie nazywane jest skumulowanym zużyciem energii [59]. Naturalnie jest to zużycie energii pierwotnej. Na ogół poprzestaje się na podaniu liczby (liczb) opisującej zużycie energii pierwotnej bez podania struktury nośnikowej zużywanej energii, choć wiadomo, że np. ta sama ilość energii pierwotnej zawartej w węglu kamiennym i w ropie naftowej ma zupełnie inne znaczenie użytkowe (i finansowe). Pewnym usprawiedliwieniem tego jest fakt, że w Polsce prawie 100 % energii pochodzi z węgla kamiennego i brunatnego, ale sytuacja taka jest powodem licznych nieporozumień przy porównywaniu energochłonności produkcji różnych dóbr w Polsce i za granicą.

W budownictwie przyjęło się wyróżniać 3 podstawowe fazy powstawania budynku: produkcja materiałów i wyrobów budowlanych, transport tych produktów z miejsc ich powstania na plac budowy oraz wznoszenie budynku na placu budowy. Jak wykazano [52,59] większość energii zużywana jest przy produkcji materiałów i wyrobów budowlanych. Zużycie energii na te cele stanowi ok. 85 % całego skumulowanego zużycia energii na wznoszenie budynków mieszkalnych i udział ten w niewielkim stopniu zależy od zastosowanej techniki wzniesienia [1].

Metodykę określania skumulowanego zużycia energii pierwotnej na wznoszenie budynków mieszkalnych opisano szczegółowo w [1] i nie będziemy jej tutaj powtarzać. Tam też Czytelnik znajdzie szczegółowe wyliczenia. W opracowaniu [2] opisano weryfikację uzyskanych wcześniej wyników i rozciągnięcie obszaru badań z jednego roku bazowego (1990) na cały okres 1985-2005. Celem obecnej pracy było natomiast przede wszystkim wyciągnięcie wniosków co do pożądanych z energetycznego punktu widzenia kierunków rozwoju budownictwa mieszkaniowego, w oparciu o dokonane uprzednio obliczenia modelowe.

Dla zilustrowania zagadnienia podamy jedynie spis rozpatrywanych technologii budowlanych (Tab. 9), listę uaktualnionych wskaźników energochłonności skumulowanej nośników energii oraz materiałów stosowanych w budownictwie i do produkcji wyrobów budowlanych (Tab. 10), oraz tablicę wskaźników energochłonności skumulowanej materiałów i wyrobów budowlanych bezpośrednio użytych do obliczenia energochłonności poszczególnych technologii wznoszenia budynków (Tab. 11). Obliczeń dokonano w oparciu o tablice wskaźników nakładów materiałowych [41,47,49] zamieszczonych w opracowaniu [2], których przykład znajduje się w Tab. 12.

W Tab. 13 zaprezentowano komplet wyników obliczeń energochłonności skumulowanej poszczególnych technologii budowlanych dla roku 1985. Szczegóły dotyczące zużycia energii na placu budowy oraz w transporcie można znaleźć w opracowaniu [1], zaś przewidywane wartości wskaźników energochłonności skumulowanej dla lat 1990-2005 - w pracy [2]. Z Tab. 13 wynika w szczególności, że najmniej energochłonna technika wznoszenia budynków mieszkalnych jest technika monolityczna. Wniosek ten pozostaje w mocy i dla następnych lat.

IV. ZUŻYCIE ENERGII NA OGRZEWANIE BUDYNKÓW MIESZKALNYCH

Opis zastosowanej metodyki obliczania zużycia energii na ogrzewanie budynków mieszkalnych można również znaleźć w opracowaniu [1], przy czym tym razem obliczenia zapotrzebowania na ciepło poszczególnych budynków modelowych wykonano w oparciu o własny program komputerowy DDS [2].

Wyznaczono wskaźniki zapotrzebowania na energię użyteczną do ogrzewania dla wszystkich 21 modelowych budynków wielorodzinnych [45] i 26 modelowych budynków jednorodzinnych [46]. Wykorzystywano przy tym zarówno oryginalne specyfikacje budynków [62,63], jak też specyfikacje przegród odpowiadające różnym wariantom norm ochrony cieplnej budynków [2].

W Tab. 14a i Tab. 14b zaprezentowano wyniki obliczeń wskaźników zapotrzebowania na energię użyteczną do ogrzewania dla poszczególnych budynków modelowych (dla oryginalnych specyfikacji budynków) oraz sposób obliczania odpowiednich średnich ważonych. Dla zapewnienia porównywalności wyników przyjęto tu dane klimatyczne jak w pracy [64] (tj. dla Warszawy).

Przeanalizowano historię dotychczasowych i zamierzenia dotyczące przyszłych norm ochrony cieplnej budynków [53]. W Tab. 15 przedstawiono zmienność współczynników przenikania ciepła najważniejszych przegród budynku, wynikająca ze stopniowego zaostrzania się wymagań normowych. W oparciu o to i o dane dotyczące przewidywanego wzrostu cen nośników energii oraz możliwych reakcji użytkowników na ten wzrost cen [50,51] oraz [65,66], sformułowano scenariusz stopniowego wzrostu termoizolacyjności obudowy zewnętrznej budynków nowych i poddawanych termorenowacji [53]. Jego kwintesencję zawiera Tab. 16.

Wykazano, że zużycie energii na ogrzewanie zależy nie tylko od technologii wzniesienia budynku, lecz również od grupy wysokościowej do której budynek należy. Pokazano to w Tab. 17. Było to potrzebne w zasadzie do innych celów [39,53], natomiast dla nas Tab. 17 jest ilustracją, z jak dużą ostrożnością

należy podchodzić do interpretowania różnych wartości średnich. Np. widać, że budynki wielkoblokowe 2-kondygnacyjne mają zupełnie inne wskaźniki zapotrzebowania na energię niż budynki wielkoblokowe 6-9 kondygnacyjne. Wynika to z kształtu budynku, stopnia przeszklenia i pewnych innych cech, a nie z wartości współczynników przenikania ciepła ścian zewnętrznych, które akurat w tych 2 przypadkach są identyczne.

W Tab. 18 zademonstrowano sposób przechodzenia z zapotrzebowania na energię użyteczną do ogrzewania (ciepło wewnątrz budynku), na zapotrzebowanie na energię finalną (tj. w postaci konkretnego nośnika energii dostarczanego do budynku), a następnie na energię pierwotną, niezbędną do wytworzenia pochodnych (na ogół) nośników energii zasilających budynek. By obliczyć odpowiednie średnie należy znać udziały poszczególnych technologii ogrzewania pomieszczeń w różnych typach zabudowy. Opisano to dokładniej w [1] i [2].

Tab. 19 prezentuje sposób wykonania końcowych obliczeń energochłonności skumulowanej ogrzewania budynków, zaś w Tab. 20 dokonano porównania energochłonności skumulowanej ogrzewania i energochłonności skumulowanej wzniesienia różnych technologii wykonywania budynków mieszkalnych.

V. WNIOSKI

Konfrontując opisane w części pierwszej pracy tendencje w rozwoju budownictwa mieszkaniowego z wynikami obliczeń modelowych zużycia energii na wznoszenie i ogrzewanie budynków mieszkalnych można sformułować następujące wnioski dotyczące kierunków rozwoju budownictwa:

1. Ilościowy rozwój budownictwa jest znacznie wolniejszy niż oczekiwano jeszcze niedawno. Sytuacja ta spowoduje pewne złagodzenie trudności energetycznych w budownictwie, co nie oznacza, że należy się z tego cieszyć, gdyż koszty społeczne tego stanu rzeczy są znacznie wyższe niż wartość "zaoszczędzonej" w ten sposób energii.

2. Wzrasta udział budownictwa jednorodzinnego w budownictwie mieszkaniowym ogółem. Proces ten, bardzo korzystny ze społecznego punktu widzenia, pociągnie za sobą wzrost zapotrzebowania na energię, gdyż budynki jednorodzinne są (licząc na jednostkę powierzchni użytkowej) bardziej energochłonne od budynków wielorodzinnych (zarówno we wznoszeniu, jak i w ogrzewaniu).

3. Efekt powyższy jest dodatkowo wzmocniony faktem, że w mieszkaniach w budynkach jednorodzinnych przypada więcej m² powierzchni na jednego mieszkańca, tak że zaspokajanie potrzeb mieszkaniowych ludności poprzez budownictwo jednorodzinne musi wywołać dodatkowy wzrost zapotrzebowania na paliwa i energię. (Nie oznacza to bynajmniej, że autor jest przeciwny budowanie domów jednorodzinnych, jedynie nakreśla konsekwencje energetyczne tego procesu).

4. Efekt podobny do opisanego powyżej daje również ogólny wzrost średniej powierzchni mieszkań we wszystkich typach zabudowy. Znowu preferencje społeczne zwiększają zapotrzebowanie na energię.

5. W budownictwie wielorodzinnym, w zasadzie nie powinno się budować budynków 2-kondygnacyjnych, gdyż jak wykazały obliczenia, charakteryzują się one największymi wskaźnikami zapotrzebowania na energię do ogrzewania. Spowodowane jest to głównie dużym udziałem strat cieplnych przez dach i do gruntu w

tych budynkach. Tendencja do zmniejszania udziału w budownictwie budynków 10-12-kondygnacyjnych jest słuszna jedynie częściowo, gdyż budynki monolityczne o tej wysokości wypadają bardzo korzystnie w obliczeniach termicznych (ale już budynki wielkopłytowe o tej samej wysokości - nie!). Jeśli chodzi o wpływ wysokości budynków na wskaźniki zapotrzebowania na ciepło, to trudno tutaj o proste, uniwersalne reguły, gdyż każde uszeregowanie grup wysokościowych budynków pod względem strat ciepła zmienia się przy zmianie izolacyjności przegród zewnętrznych. (Nie dotyczy to w pewnym stopniu obu opisanych wyżej przypadków).

6. W budownictwie jednorodzinym zmiany struktury wysokości są nieznaczne. Szkoda, że przewiduje się niewielki spadek udziału budynków 2-2,5 kondygnacyjnych, gdyż tego typu budynki charakteryzują się najmniejszymi (z wolnostojących) wskaźnikami zapotrzebowania na energię.

7. Należy odnotować z zadowoleniem przewidywany istotny wzrost budownictwa szeregowego w miastach, gdyż takie budynki są najoszczędniejsze spośród budynków jednorodzinnych. Na wsi tendencja jest odwrotna (zapewne z powodu reprivatyzacji), pociechą jest tu wzrost udziału budynków bliźniaczych.

8. Jeśli chodzi o strukturę technologii budownictwa wielorodzinnego, to najkorzystniejsze wskaźniki obliczeniowe uzyskuje się dla technologii monolitycznej. Wielka płyta (jako całość) oraz tradycja udoskonalona zajmują miejsca pośrednie, zdecydowanie najgorsze rezultaty otrzymano dla wielkiego bloku. Wyniki te były uzyskane już dawno przez innych badaczy [52,59] i przeszły jakby nie zostały zauważone, skoro udział wielkiego bloku w budownictwie jest spory i wcale nie ma tendencji zniżkowej.

9. W budownictwie jednorodzinym wpływ technologii przejawia się najsilniej w energochłonności wznoszenia. Nowe technologie (technika elementów wielkowymiarowych, technika elementów drewnopochodnych) wypadają tutaj bardzo korzystnie, natomiast proste dołączanie elementów wielkowymiarowych (płyt stropowych) do konstrukcji murowych tylko pogarsza efekt.

Energochłonność ogrzewania nie zależy tu w istotny sposób od technologii wykonania budynku (izolacyjność przegród jest dla różnych technologii podobna), lecz od tego, czy jest on wolnostojący (i o jakiej wysokości), bliźniaczy, czy szeregowy. W sumie należy korzystnie ocenić rozwój nowych technik budownictwa jednorodzinnego.

10. Na razie istnieją nie sprecyzowane poglądy na to, jaką część wysiłku budowlanego poświęcić na wznoszenie nowych budynków, a jaką na remontowanie starych. Z energetycznego punktu widzenia odpowiedź jest prosta - należy remontować i poddawać termorenowacji wszystko, co się da, nawet kosztem zmniejszenia tempa budowy nowych mieszkań. Na pewno zaś należy zadbać o możliwie wysoką termioizolacyjność budynków nowowznoszonych. Stawką jest tu ok. 10 mln ton paliwa umownego w bezpośrednim zużyciu energii do zaoszczędzenia w skali roku. Nie jest to mało, ale o wyborze strategii rozwoju zadecydują chyba jednak względy społeczne.

Autor pragnie podkreślić, że (zgodnie z tematem) przedstawione powyżej wnioski zostały sformułowane po pierwsze - z punktu widzenia zapotrzebowania na paliwa i energię budownictwa i przemysłu materiałów budowlanych, po drugie - na podstawie obliczeń modelowych, bazujących na zbiorach reprezentatywnych budynków mieszkalnych. Oznacza to, że pożądane kierunki rozwoju budownictwa mieszkaniowego, określone z punktu widzenia wielu różnych kryteriów (np. aspiracje społeczne, względy architektoniczne, nakłady pracy ludzkiej, koszt budowy) mogą być nieco inne, aczkolwiek raczej nie mogą stać w rażącej sprzeczności z wnioskami sformułowanymi powyżej, jeżeli mamy zaspokoić potrzeby mieszkaniowe społeczeństwa. Drugie zastrzeżenie oznacza, że wnioski dotyczą budownictwa jako całości i nie należy ich odnosić do pojedynczych realizacji. Zawsze np. można znaleźć budynek 2-kondygnacyjny, który będzie miał mniejsze jednostkowe straty ciepła niż inny budynek, o większej liczbie kondygnacji i

zapewne znajdzie się budynek wielkoblokowy, na wzniesienie którego zużyto jednostkowo mniej energii pierwotnej niż dla szczególnego budynku monolitycznego.

Przykłady te jednakże nie podważają słuszności podanych wyżej wniosków, bo - z definicji - nie mogą.

Tablica 1.
Prognoza budowy nowych mieszkań [tys. szt.] wg różnych autorów

Wariant prognozy (Autor, data)	Lata				
	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010
Sumień, 11.1989	-	Łącznie 3200		Łącznie 2900	
MGPiB, 04.1990	950	1000	1300	1500	1700
MGPiB, 06.1990	855	900	1350	-	-
MAiGP, 10.1985	1220	1518	1846	-	-

Tablica 2.
Struktura nowobudowanych mieszkań względem kategorii budynków [X]

Kategoria budynków	Lata budowy				
	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010
BMW w miastach	59	55	51	50	50
BMJ w miastach	14	17	20	20	20
Budynki na wsi	27	28	29	30	30

Tablica 3.
Struktura budynków mieszkalnych na wsi [X]

Typ budynków wiejskich	Lata			
	1985	1986-1990	1991-2000	2001-2010
Jednorodzinne	93	90	90	90
Wielorodzinne	7	10	10	10

Tablica 4.

Struktura rodzajowa istniejących i nowowznoszonych budynków jednorodzinnych [X]

Typ budynków	Rodzaj budynków	Lata			
		1985	1986-1990	1991-2000	2001-2010
Budynki jednorodzinne w mieście	wolnostoj.	75	65	60	55
	bliźniacze	15	14	15	17
	szeregowe	10	21	25	28
Budynki jednorodzinne na wsi	wolnostoj.	93	85	85	85
	bliźniacze	0	3	5	7
	szeregowe	7	12	10	8

Tablica 5.

Struktura wysokości budynków istniejących w 1985 r. oraz budynków nowowznoszonych w poszczególnych okresach czasu

Typ budynków	Liczba kondygnacji nadziemnych	Lata			
		1985	1986-1990	1991-2000	2001-2010
Budynki mieszkalne wielorodzinne (BMW) w miastach	2	1.7	3.5	4.5	4
	3-4	65.7	22	26	26
	5	23.9	55	54	59
	6-9	2.2	4.5	3	2.5
	10-12 ponad 12	6.1 .4	14 1	12 .5	10 .5
Bud. mieszk. jednorodzinne w miastach	1	25	15	16	16
	1.5	25	25	25	25
	2-2.5	50	60	59	59
BMW na wsi	2	50	50	50	50
	3-4	50	50	50	50
Bud. mieszk. jednorodzinne na wsi	1	35	30	30	30
	1.5	35	35	37	37
	2-2.5	30	35	33	33

Tablica 6.
Struktura technologii istniejących i nowowznoszonych budynków

Typ budynków	Technologia wzniesienia	Lata			
		1985	1986-1990	1991-2000	2001-2010
BMW w miastach	wlk. płyta	32	72	60	50
	wielki blok	7	18	19	18
	monolit	1	5.5	8	10
	tradycja	60	4.5	6	10
	szkielet	0	0	7	12
BMJ w miastach	tradycja	100	96	92	88
	inne	0	4	8	12
BMW na wsi	wielki blok	50	50	50	50
	tradycja	50	50	50	50
BMJ na wsi	tradycja	100	100	98	95
	inne	0	0	2	5

Tablica 7.
Przeciętna powierzchnia 1 mieszkania w nowych budynkach [m²]

Kategoria budynków	Lata budowy				
	1986-1990	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010
BMW w miastach	57	61	65	68	70
BMJ w miastach	109	110	111	112	112
Budynki na wsi	94	98	100	102	104

Tablica 8.
Prognoza ocieplania starych mieszkań wg MGPIB [38],
i wg programu T.Sumienia [42]

Liczba mieszkań przewidzianych do termorenowacji				
	1991-1995	1996-2000	2001-2005	2006-2010
Wg prognozy MGPIB [38]	915	1372	1715	2287
Wg programu Sumienia [42]	Łącznie 1700		Łącznie 3000	

Tablica 9.

Lista rozpatrywanych technologii wznoszenia budynków stosowanych w budownictwie mieszkaniowym (wg danych [41,47])

Nr	Nazwa technologii wznoszenia budynków	Produkcja [tys. m ²]		
		1990	2000	2010
1	Wznoszenie budynków wielorodzinnych wielkopłytowych w miastach	7120	8100	9450
2	Wznoszenie budynków wielorodzinnych wielkoblokowych w miastach	1350	1600	1650
3	Wznoszenie budynków wielorodzinnych wielkoblokowych na wsi	430	500	650
4	Wznoszenie budynków jednorodzinnych z elementów wielkometrytowych w miastach	140	200	220
5	Wznoszenie budynków wielorodzinnych monolitycznych w miastach	400	970	2100
6	Wznoszenie budynków wielorodzinnych monolityczno-prefabrykowanych w miastach	50	280	550
7	Wznoszenie budynków wielorodzinnych szkieletowych, prefabrykowanych w miastach	0	700	1600
8	Wznoszenie budynków wielorodzinnych w konstrukcji murowej w miastach	180	250	750
9	Wznoszenie budynków wielorodzinnych w konstrukcji murowej na wsi	320	400	650
10	Wznoszenie budynków jednorodzinnych w konstrukcji murowej w miastach	2690	3250	3780
11	Wznoszenie budynków jednorodzinnych w konstrukcji murowej na wsi	4160	4750	5300
12	Wznoszenie budynków wielorodzinnych w konstrukcji murowej z prefabrykatami wielkometrytowymi na wsi	50	200	100
13	Wznoszenie budynków jednorodzinnych w konstrukcji murowej z prefabrykatami wielkometrytowymi w miastach	30	150	250
14	Wznoszenie budynków jednorodzinnych w konstrukcji murowej z prefabrykatami wielkometrytowymi na wsi	40	150	250
15	Wznoszenie budynków jednorodzinnych z lekkich elementów drewnopochodnych w miastach	140	1000	1300

Tablica 10.

Energochłonność skumulowana nośników energii oraz materiałów stosowanych w budownictwie i do produkcji wyrobów budowlanych. Rok 1985, wg [58] oraz wg obliczeń własnych*

Lp.	Zużywane materiały i nośniki energii		Wskaźnik energochłonności skumulowanej [GJ/Jedn.]
	Nazwa	Jedn.	
1	Energia elektryczna	MWh	9.6408
2	Olej napędowy	tpu	30.8203
3	Olej opałowy	tpu	30.5536
4	Ciepło z elektrociepłowni zawodowej*	GJ	1.5031
5	Ciepło z ciepłowni przemysłowej*	GJ	1.7307
6	Ciepło z ciepłowni komunalnej*	GJ	1.6534
7	Węgiel kamienny	tpu	29.8385
8	Koks opałowy	tpu	35.2575
9	Gaz ziemny wysokometanowy*	tpu	29.4680
10	Gaz ziemny zaazotowany*	tpu	29.6462
11	Acetylen (metoda karbidowa)**	t	206.7161
12	Aluminium	t	151.8981
13	Amoniak**	t	48.0103
14	Celuloza**	t	46.0953
15	Cement	t	5.8582
16	Chlor (metoda przeponowa)**	t	50.7910
17	Chlorek sodu**	t	.0587
18	Cynk rafinowany**	t	73.2727
19	Kruszywo	t	.3148
20	Masa anodowa*	t	4.1622
21	Metanol**	t	66.8507
22	Miedź	t	49.3850
23	Soda kaustyczna**	t	30.9748
24	Smoła**	t	34.5027
25	Tektura*	t	54.3682
26	Wapno	t	4.1523
27	Wodór***	t	177.6357
28	Wyroby gorącowalcowane (stal)	t	24.0749
29	Wyroby zimnowalcowane (blachy)	t	36.3652

Uwagi:

* - obliczenia wykonano w oparciu o dane zawarte w pracach [56-60],

** - wg pracy [56],

*** - wg [..9].

Tablica 11.

Lista wskaźników energochłonności skumulowanej materiałów, prefabrykatów i wyrobów budowlanych budowlanych oraz nośników energii przyjętych do obliczania energochłonności wznoszenia budynków (1985 r.)

Lp.	Zużywane materiały i nośniki energii		Wskaźnik energochłonności skumulowanej [MJ/Jedn.]
	Nazwa	Jedn.	
1.1	Prefabrykaty wielkopłytowe	dm ³	5.5287
1.2	Prefabrykaty wielkoblokowe	dm ³	4.1716
1.3	Prefabrykaty drobnowymiarowe	dm ³	3.5496
1.4	Prefabrykaty szkieletowe	dm ³	5.5744
1.5	Prefabrykaty wielkowym. dla bud. j.	dm ³	4.8502
2	Cement	kg	5.8502
3	Wapno	kg	4.1523
4	Gips	kg	2.1772
5	Kruszywo	dm ³	.5666
6	Beton komórkowy	dm ³	2.1842
7	Wyroby gorącowalcowane	kg	24.0749
8	Blacha ocynkowana	kg	50.3888
9	Rury stalowe	kg	31.0016
10	Wełna mineralna	kg	18.8500
11	Styropian	dm ³	3.3211
12	Wykładziny i okładziny z PCW	m ²	223.7000
13	Materiały podłogowe z drewna	m ²	57.4000
14	Szkło okienne	m ²	74.0107
15	Kable elektroenergetyczne	m	2.0000
16	Grzejniki żeliwne c. o.	kg	24.9985
17	Przewody kanalizacyjne	kg	43.5652
18	Papa	m ²	29.1000
19	Farby i lakiery	dm ³	62.9159
20	Ceramika budowlana	j.c.	14.6760
21	Energia elektryczna	kWh	9.6408
22	Paliwa płynne (olej napędowy)	dm ³	35.2000

Tablica 12.

Lista wskaźników nakładów materiałowych materiałów, prefabrykatów i wyrobów budowlanych oraz wskaźników bezpośredniego zużycia energii i przyjętych do obliczania energochłonności wznoszenia budynków (r.1985)

Lp.	Materiały i nośniki energii		Współczynniki nakładów materiałowych dla poszczególnych technologii wznoszenia budynków [Jedn./m ² p.u.]												
	Nazwa	Jedn.	1	2-3	4	5	6	7	8-9	10-11	12	13-14	15		
1.1	Pref. wp.	dm ³	.56	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
1.2	Pref. wb.	dm ³	0	.50	0	.06	.30	0	0	0	.30	.45	0	0	
1.3	Pref. dr.	dm ³	0	0	0	0	0	0	.05	.08	0	0	.06	0	
1.4	Pref. szk.	dm ³	0	0	0	0	0	.49	0	0	0	0	0	0	
1.5	Pref. ww.	dm ³	0	0	.58	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2	Cement	kg	115	220	140	205	220	120	180	222	170	130	145		
3	Wapno	kg	6	30	5	5	6	5	44	35	35	64	5		
4	Gips	kg	3	1	2	1.20	1.20	1	1.30		1.10	0	0		
5	Kruszywo	dm ³	140	510	400	650	570	90	664	900	570	800	620		
6	Beton kom.	dm ³	6	280	200	142	142	4	85	430	90	570	0		
7	Wyroby g.walc.	kg	4	12	8	23.7	16	3	6.90	7.40	9	10	9		
8	Błacha	kg	.52	.68	.60	.30	.30	.50	.70	1.60	.70	1.19	.16		
9	Rury st.	kg	7.57	7.87	7.68	6.22	6.22	7.68	7.18	12.4	7.30	10.1	8.14		
10	Wełna min.	kg	6.36	5.04	6	2.88	5.04	6.72	8.76	13.8	7.50	27.2	31.7		
11	Styropian	dm ³	42	15	40	18	15	44	9	28.8	10	28	0		
12	Wyt. z PCW	m ²	.60	.66	.63	.58	.58	.56	.50	.60	.61	.31	.68		
13	Mat. podłogowe	m ²	.37	.29	.34	.44	.44	.41	.48	.57	.36	.75	.28		
14	Szkoło okienne	m ²	.43	.43	.44	.42	.43	.44	.45	.42	.45	.43	.42		
15	Kable elektr.	m	3.85	4.07	4	5	5	4.01	4.15	5.18	4.15	4.23	3.85		
16	Grzejniki c.o.	kg	4.41	4.29	4.35	3.75	3.75	4.20	3.75	7.80	3.90	6.51	6.90		
17	Przew. kan.	kg	1.54	1.65	1.60	1.30	1.30	1.65	1.54	3.74	1.54	3.52	2.86		
18	Papa	m ²	1.10	1.80	1.18	.85	1.10	1.12	1.43	2.08	4.75	4.75	2.82		
19	Farby i lak.	dm ³	1.65	1.70	1.65	1.50	1.50	1.75	1.54	2	1.60	2.59	2.19		
20	Ceramika	j.c.	5.50	35	5.40	3.35	4	4.50	150	119	140	129	3.32		
21	Energia elekt.	kWh	32	36	19	23	31	32	24	15	23	17	17		
22	Paliwa płynne	dm ³	1.20	1.04	.90	1.30	1.20	1.20	1	.50	1	.90	.70		

Tablica 13.

Zestawienie wyników obliczeń energochłonności skumulowanej wznoszenia budynków (1985 r.)

Rodzaj budownictwa	Charakterystyka techniki wznoszenia				Wskaźniki energochłonności skumulowanej [MJ/m ² p.u. budynku]						
	Nr	Nazwa skrócona	Udział w zabudowie [%]	Masa budynku [kg/m ²]	Produkcja materiału budowlanych	Transport materiałów budowlanych	Plac budowy			Plac budowy razem	Razem wzniesienie budynku
							Maszyny elektr.	Maszyny spalin.	Ogrzew. na bud.		
Wielorodzinne w miastach	1	wielkopłytowa	40.61	1833	5099	189	309	42	731	1082	6370
	2	wielkoblokowa	6.07	2732	6127	281	347	37	942	1325	7733
	5	monolityczna	1.14	1676	3547	173	222	46	679	946	4666
	6	monolit-pref.	.34	2152	4471	222	299	42	679	1020	5713
	7	szkielet pref.	.00	-	-	-	-	-	-	-	-
8	murowa	1.14	2072	5287	213	231	35	783	1050	6550	
Jednorodzinne w miastach	4	el. wielkowym.	.76	2504	5625	258	183	32	995	1210	7094
	10	murowa	15.94	2753	6669	283	145	18	1273	1435	8388
	13	murowo-pref.	.15	3575	8485	368	164	32	1273	1468	10321
	15	el. drewnopoch.	.46	1499	3281	154	164	25	995	1184	4620
Wielorodzinne wsi	3	wielkoblokowa	3.42	2732	6127	281	347	37	942	1218	7626
	9	murowa	2.66	2072	5287	213	231	35	694	961	6461
	12	murowo-pref.	.68	2479	6127	255	222	35	694	951	7334
Jednorodzinne wsi	11	murowa	26.41	2753	6669	283	145	18	1537	1699	8652
	14	murowo-pref.	.23	3575	8485	368	164	32	1537	1733	10586

Tablica 14a.
Wskaźniki zapotrzebowania na energię użyteczną do ogrzewania dla poszczególnych modelowych budynków wielorodzinnych oraz średnie ważone, obliczone przy użyciu programu DDS

Nr	Technika wzniesienia budynku	System	Nr budynku modelowego	Udział wg [61] [Z]	Wskaźnik energet. [kWh/m ²]
1	Murowa	-	02	1.3	110.92
			04	1.7	156.58
			Murowa średnio	3.0	136.79
2	Monolityczna	SBM-75	19	3.5	115.36
			Monolit średnio	3.5	115.36
3	Wielkoblokowa	"Z"	01	3.5	194.49
			06	9.5	154.19
			17	4.5	133.61
			W. blok średnio	17.5	156.96
4	Wielkopłytowa	"Szczecin"	16	8.0	117.44
			"Szczecin" średnio	8.0	117.44
		OWT-67N	03	9.0	109.43
			05	10.0	142.51
			13	1.5	121.58
			14	1.5	125.77
		OWT-67N średnio	22.0	126.41	
		OWT-75N	15	4.0	136.18
			OWT-75N średnio	4.0	136.18
		W-70	07	4.0	131.50
			08	12.0	139.03
			20	1.0	144.08
			W-70 średnio	17.0	137.56
		Wk-70	09	3.0	129.90
			10	5.6	117.34
11	3.4		126.41		
12	2.5		106.50		
21	1.5		108.93		
Wk-70 średnio	16.0		119.14		
WMP	18	9.0	109.01		
	WMP średnio	9.0	109.01		
Wielka płyta średnio				76.0	124.88
Budynki wielorodzinne średnio				100.0	130.52

Tablica 14b.
Wskaźniki zapotrzebowania na energię użyteczną do ogrzewania
dla poszczególnych modelowych budynków jednorodzinnych
oraz średnie ważone, obliczone przy użyciu programu DDS

Nr grupy	Technika wzniesienia budynku	Rodzaj budynków oraz liczba kondygnacji	Nr budynku modelowego	Udział wg [61] [%]	Wskaźnik energet. [kWh/m ²]
1	Murowa (tradycja udoskonalona)	wolnostojące, 1 kondygnacja	1001	3.0	212.26
			1002	3.0	278.33
			1003	4.0	245.31
			1005	2.0	238.68
			1009	2.0	235.43
			1018	3.0	347.60
			Grupa 1 średnio	17.0	261.41
2	Murowa (tradycja udoskonalona)	wolnostojące, 1,5 kondygnacji	1004	2.0	190.56
			1006	4.0	257.61
			1007	4.0	247.09
			1010	1.0	186.25
			1013	1.0	233.55
			1023	7.0	221.29
			Grupa 2 średnio	19.0	229.93
3	Murowa (tradycja udoskonalona)	wolnostojące, 2-2,5 kondygn.	1011	4.0	275.95
			1015	4.0	271.34
			1016	4.0	234.24
			1019	5.0	224.23
			1025	7.0	161.45
			1026	7.0	226.67
			1017	4.0	185.92
Grupa 3 średnio	35.0	220.22			
-	Murowa (trad. udosk.)	Budynki wolnostojące średnio		71.0	232.68
4	Murowa (tradycja udoskonalona)	Budynki bliźniacze (1,5-2 k.)	1008	4.0	238.38
			1014	4.0	178.07
			Grupa 4 średnio	8.0	208.23
5	Murowa (tradycja udoskonalona)	Budynki szeregowo (1,5-2 k.)	1020	4.0	182.36
			1021	1.0	164.28
			1022	4.0	208.28
			1024	8.0	144.65
			Grupa 5 średnio	17.0	169.65
-	Budynki jednorodzinne murowane średnio			96.0	219.48
6	Wielka płyta	Budynki szeregowo (1,5-2 k.)	1012	4.0	158.63
			Grupa 6 średnio	4.0	158.63
-	Budynki jednorodzinne wielkopłytowe średnio			4.0	158.63
Budynki jednorodzinne średnio				100.0	217.05

Tablica 15.

Współczynniki przenikania ciepła głównych przegród budynku [W/m²·K] zgodnie z różnymi normami ochrony cieplnej

Norma	Przegrody zewnętrzne			
	Ściany	Okna	Dachy*	Podłogi**
PN-64/B-03404	1.16	2.9	.87	1.16
PN-74/B-03404	1.16	2.9	.70	1.16
PN-82/B-02020	.75	2.6	.45	1.00
PN-90/B-02020 wymagania	.75	2.6	.45	.90
PN-90/B-02020 zalecenia	.55	2.6	.30	.60
PN-90/B-02020 ocieplenie przyszłe ocieplania	.45	2.6	.30	.60
przyszłe ocieplania	.45	2.0	.30	.60
przyszłe wymagania	.35	2.0	.30	.60
przyszłe zalecenia	.30	2.0	.20	.40

Uwagi:

* - tj. stropodachy oraz stropy nad ostatnią ogrzewaną kondygnacją

** - tzn. stropy nad nieogrzewanymi piwnicami

Tablica 16.

Przewidywany scenariusz budowy nowych domów oraz ocieplania starych z punktu widzenia obudowy zewnętrznej budynku

Okres budowy lub termorenowacji	Przegrody			
	Ściany	Okna	Dachy*	Podłogi**
Zbudowane do r. 1985	1.16	2.9	.87	1.16
Zbudowane 1986-1990	.75	2.6	.45	1.00
Zbudowane 1991-1995	.75	2.6	.45	.90
Ocieplane 1991-1995	.45	2.6	.30	.60
Zbudowane 1996-2000	.55	2.6	.30	.60
Ocieplane 1996-2000	.45	2.6	.30	.60
Zbudowane 2001-2005	.45	2.0	.30	.60
Ocieplane 2001-2005	.45	2.0	.30	.60
Zbudowane 2006-2010	.35	2.0	.30	.60
Ocieplane 2006-2010	.35	2.0	.30	.60

Uwagi - jak do tablicy powyżej.

Tablica 17.

Model budownictwa - zapotrzebowanie na energię użyteczną
do ogrzewania pomieszczeń [kWh/m²]
(dla r. 1985 - budynki istniejące, w innych przypadkach - nowe)

Typ budyn- ków	Klasa lub grupa budynków	Lata			
		1985	1990	2000	2010
BMW w mias- tach	2 k., wielki blok	245.87	182.99	147.40	119.50
	3-4 k., tradycja	191.57	148.46	126.43	101.87
	3-4 k., w. pIyta	186.61	144.34	122.97	99.77
	5 k., wielki blok	200.40	163.46	145.75	124.30
	5 k., wielka pIyta	189.91	148.93	129.14	104.38
	6-9 k., w. blok	192.45	150.09	131.08	103.20
	10-12 k., w.pIyta	180.72	143.92	127.64	104.23
	10-12 k., monolit	174.72	134.19	115.49	91.03
	16 k., w. pIyta	160.15	127.49	112.96	92.71
	5 k., szkielet	189.91	148.93	129.14	104.38
	Srednia ważona	191.25	149.35	129.30	104.86
BMJ w mias- tach	ws., 1 k., trad.	371.65	268.66	203.48	170.39
	ws., 1.5 k., trad.	359.91	249.87	189.11	153.01
	ws., 2-2.5 k., trad	324.01	232.38	179.40	144.15
	bliżn., 2k., trad	315.39	224.90	175.21	141.04
	szer., 2 k., trad.	259.59	188.54	148.07	120.78
	szer., 2k., w.pIyt.	246.11	184.43	149.09	122.38
	Srednia ważona	337.16	231.77	177.30	143.68
BMW na wsi	2 k., wielki blok	245.87	182.99	147.40	119.50
	3-4 k., tradycja	191.57	148.46	126.43	101.87
	Srednia ważona	218.72	165.72	136.92	110.69
BMJ na wsi	ws., 1 k., trad.	371.65	268.66	203.48	170.39
	ws., 1.5 k., trad.	359.91	249.87	189.11	153.01
	ws., 2-2.5 k., trad	324.01	232.38	179.40	144.15
	bliżn., 2k., trad	315.39	224.90	175.21	141.04
	szer., 2 k., trad.	259.59	188.54	148.07	120.78
	szer., 2k., w.pIyt.	246.11	184.43	149.09	122.38
	Srednia ważona	348.74	243.90	186.89	153.29
Wieś	Srednia ważona	339.64	236.08	181.90	149.03

Tablica 18.
 Energochłonność skumulowana
 poszczególnych technologii ogrzewania pomieszczeń
 w budynkach mieszkalnych (r.1985)

Nr	Nazwa technologii ogrzewania pomieszczeń	Sprawność urządzeń grzewczych	Odwrotn. sprawn. urządzeń grzewcz.	Energochłonność nośnika energii	Sprawność wytwarz. nośnika en. fin.	Energochłonność wypadkowa techn.ogr	Sprawność wypadkowa technol. grzewcz.
1	Centr. ogr. z elektrociepłowni	.80	1.25	1.629	.614	<u>2.036</u>	.49
2	Centr. ogr. z ciepłowni rejonowej	.90	1.11	1.629	.614	<u>1.810</u>	.55
3	Centr. ogr. z kotłowni lokalnej	.98	1.02	1.511	.650	<u>1.542</u>	.65
4	Lokalne c.o. z kotła na węgiel kam.	.53	1.89	1.018	.982	<u>1.921</u>	.52
5	Lokalne c.o. z kotła na koks opałowy	.56	1.79	1.203	.831	<u>2.148</u>	.47
6	Lokalne c.o. z kotła na olej opałowy	.79	1.27	1.043	.959	<u>1.320</u>	.76
7	Lokalne c.o. z kotła na gaz sieciowy	.84	1.19	1.114	.898	<u>1.326</u>	.75
8	Ogrzewanie piecami węglowymi	.42	2.38	1.018	.982	<u>2.424</u>	.41
9	Ogrzewanie piecami na koks	.45	2.22	1.203	.831	<u>2.673</u>	.37
10	Ogrzewanie piecami gazowymi	.83	1.20	1.114	.898	<u>1.342</u>	.75
11	Ogrzewanie piecami elektrycznymi	1.00	1.00	2.678	.373	<u>2.678</u>	.37
12	Ogrzewanie piecami na drewno, torf	.38	2.63	1.000	1.000	<u>2.632</u>	.38

Tablica 19.

Zestawienie wyników obliczeń energochłonności skumulowanej ogrzewania budynków (1985 r.)

Rodzaj budownictwa	Charakterystyka techniki wznoszenia				Kalkulacja zużycia energii pierwotnej				
	Nr	Nazwa skrócona	Udział w zabudowie [%]	Wskaźnik zużycia energii [kWh/m ²]	Czynnik klimatyczny	Wskaźnik skorygowany [kWh/m ² a]	Wskaźnik skorygowany [MJ/m ² ·a]	Przelicznik na energię pierwotną	Wskaźnik zużycia en. pierw. [MJ/m ² ·a]
Wielorodzinne w miastach	1	wielkopłytkowa	40.61	124.88	.88	109.89	395.62	1.859	735.46
	2	wielkoblokowa	6.07	156.96	.88	138.12	497.25	1.859	924.39
	5	monolityczna	1.14	115.36	.88	101.52	365.46	1.859	679.39
	6	monolit-pref.	.34	115.36	.88	101.52	365.46	1.859	679.39
	7	szkielet pref.	.00	129.20	.88	113.70	409.32	1.859	760.92
	8	murowa	1.14	136.79	.88	120.38	433.35	1.859	805.60
Jednorodzinne w miastach	4	el. wielkowym.	.76	158.63	.94	149.11	536.80	1.711	918.47
	10	murowa	15.94	219.48	.94	206.31	742.72	1.711	1270.79
	13	murowo-pref.	.15	219.48	.94	206.31	742.72	1.711	1270.79
	15	el. drewnopoch.	.46	158.63	.94	149.11	536.80	1.711	918.47
Wielnorodzinne na wsi	3	wielkoblokowa	3.42	156.96	.94	147.54	531.15	1.542	819.04
	9	murowa	2.66	136.79	.94	128.58	462.90	1.542	713.79
	12	murowo-pref.	.68	136.79	.94	128.58	462.90	1.542	713.79
Jednorodzinne na wsi	11	murowa	26.41	219.48	1.00	219.48	790.13	1.946	1537.59
	14	murowo-pref.	.23	219.48	1.00	219.48	790.13	1.946	1537.59

Tablica 20.

Porównanie energochłonności skumulowanej wznoszenia i ogrzewania budynków mieszkalnych zrealizowanych w różnych technologiach budownictwa mieszkaniowego (r. 1985)

Rodzaj budownictwa	Charakterystyka techniki wznoszenia				Kalkulacja finalna energochłonności skumulowanej					
	Nr	Nazwa skrócona	Udział w zabudowie [%]	Okres eksploatacji budynku T [a]	Wskaźnik wzniesienia WESWT [MJ/m ²]	Wskaźnik roczny WESWT/T [MJ/m ² ·a]	Wskaźnik ogrzewania WESOT [MJ/m ² ·a]	Wskaźnik sumaryczny WESWOT [MJ/m ² ·a]	Udział energochł. wzniesienia [%]	
Wielorodzinne w miastach	1	wielokopłytowa	40.61	50	6370	127.39	731	858.85	14.83	
	2	wielokoblokowa	6.07	50	7733	154.67	942	1096.35	14.11	
	5	monolityczna	1.14	50	4666	93.32	679	771.83	12.09	
	6	monolit-pref.	.34	50	5713	114.25	679	792.76	14.41	
	7	szkielet pref.	.00	50	-	-	-	-	-	
	8	murowa	1.14	50	6550	131.00	783	914.46	14.33	
	Jednorodzinne w miastach	4	el.wielkomyś.	.76	50	7094	141.87	995	1137.33	12.47
		10	murowa	15.94	50	8388	167.75	1273	1440.45	11.65
13		murowo-pref.	.15	50	16321	206.42	1273	1479.12	13.96	
15		el.drewnopoch.	.46	25	4620	184.79	995	1180.25	15.66	
Wielorodzinne na wsi	3	wielokoblokowa	3.42	50	7626	152.52	834	986.81	15.46	
	9	murowa	2.66	50	6461	129.21	694	823.32	15.69	
	12	murowo-pref.	.68	50	7334	146.67	694	840.78	17.44	
Jednorodzinne na wsi	11	murowa	26.41	50	8652	173.04	1537	1710.16	10.12	
	14	murowo-pref.	.23	50	10586	211.71	1537	1748.83	12.11	

Podkreśleniami oznaczono wyznaczone optymalne technologie budownictwa mieszkaniowego i odpowiadające im wskaźniki sumarycznej rocznej energochłonności skumulowanej wznoszenia i ogrzewania budynków zrealizowanych w tych technologiach

LITERATURA

1. S. CHYRCZAKOWSKI, T. LIS, "Wstępna optymalizacja struktury technologii krajowego budownictwa mieszkaniowego z punktu widzenia zapotrzebowania na paliwa i energię". Opracowanie wykonane w ramach CPBR 4.1, P3.07.02.02, Warszawa, wrzesień 1989.
2. S. CHYRCZAKOWSKI, T. LIS, "Analiza kierunków rozwoju techniki i struktury budownictwa w świetle perspektywicznych deficytów i cen paliw na podstawie obliczeń modelowych". Opracowanie wykonane w ramach CPBR 4.1, P3.07.02.03, Warszawa, listopad 1990.
3. T. LIS, S. CHYRCZAKOWSKI i inni, "Analiza miejsca i roli budownictwa mieszkaniowego w krajowym bilansie paliwowo-energetycznym w latach 1980-1985". Sprawozdanie z wykonania zadania P3.06.01.2 CPBR 4.1, ZPE IPPT PAN, Warszawa, marzec 1987.
4. T. LIS, S. CHYRCZAKOWSKI, "Analiza potrzeb energetycznych sektora mieszkaniowego w latach 1980-1985", Konferencja Naukowo-Techniczna "Oszczędność energii w obiektach budowlanych", Kretowiny, 2-5.09.1987. Referaty, Część I, str. 29-48, Wyd. ITB, Warszawa 1987.
5. T. LIS, S. CHYRCZAKOWSKI, "Opracowanie wariantowych scenariuszy zapotrzebowania na paliwa i energię do roku 2005, przy uwzględnieniu opracowanych już technologii budownictwa". Sprawozdanie z wykonania zadania P3.06.01.3 CPBR 4.1, ZPE IPPT PAN, Warszawa, sierpień 1987.
6. T. LIS, S. CHYRCZAKOWSKI, "Ocena możliwego wpływu nowych, energooszczędnych technologii budownictwa mieszkaniowego na krajowy bilans paliwowo-energetyczny". Sprawozdanie z wykonania zadania P3.06.01.4 CPBR 4.1, ZPE IPPT PAN, Warszawa, sierpień 1988.
7. S. CHYRCZAKOWSKI, T. LIS, W. BOJARSKI, "Analiza problemu modelowania energetycznego energooszczędnego budynku mieszkalnego i jego elementów oraz opracowanie wstępnej koncepcji modelu". Sprawozdanie naukowe wykonane w ramach CPBR 02.21, temat 4.1, ZPE IPPT PAN, Warszawa 1986.

8. S. CHYRCZAKOWSKI, T. LIS, "Opracowanie modelu do bilansowania energetycznego budynku i obliczenia testowe". Sprawozdanie naukowe wykonane w ramach CPBP 02.21, temat 4.1, ZPE IPPT PAN, Warszawa 1987.
9. S. CHYRCZAKOWSKI, T. LIS, "Zastosowanie modelu do optymalizacji struktury urządzeń energetycznych budynku". Sprawozdanie naukowe wykonane w ramach CPBP 02.21, temat 4.1, Warszawa, listopad 1988.
10. T. LIS, S. CHYRCZAKOWSKI, "Opracowanie numeryczne zagadnień optymalizacji struktury energetycznej urządzeń ogrzewczych, zgodnie z kryterium minimum rocznych kosztów eksploatacji energetycznej budynku". Sprawozdanie naukowe wykonane w ramach CPBP 02.21, temat 4.1, Warszawa, listopad 1989.
11. W. BOJARSKI, "Problemy przyszłości energetycznej Polski i ich nawiązanie do rozwoju budownictwa". Konferencja Naukowo-Techniczna "Oszczędność energii w obiektach budowlanych", Kretowiny, 2-5.09.1987. Materiały Pokonferencyjne, str. 81-87, Wyd. ITB, Warszawa 1988.
12. M. WĘGLARZ, "Zapotrzebowanie na energię do ogrzewania budynków i kierunki jej oszczędzania", Przegląd Budowlany 3/88, str. 99-106.
13. W. PŁONSKI, "Możliwości poprawienia bilansu energetycznego obiektów budowlanych", Przegląd Budowlany 3/88, str. 107-110.
14. A. POGORZELSKI, "Problemy ochrony cieplnej budynków mieszkalnych". XXIV Konferencja Problemowa PZITB, Kołobrzeg, maj 1989. Materiały konferencyjne, str. 105-116. PZITB, Gdańsk-Kołobrzeg 1989.
15. T. BILINSKI, "Konieczność, uwarunkowania i progi rozwoju energooszczędnego budownictwa mieszkaniowego". Seminarium "Wybrane zagadnienia architektoniczno-budowlane i badawcze budownictwa energooszczędnego". Zeszyty Naukowe Nr 88, IPPT PAN w Warszawie - WSI w Zielonej Górze, Zielona Góra, 1989.

16. Z. NOWAK i inni, "Kierunki rozwoju techniki i technologii w poszczególnych rodzajach budownictwa ogólnego na lata 1986-90 w oparciu o analizy przemian", COBPBO, Warszawa, luty 1988 r.
17. T. BILINSKI, W. GACZEK, "Budownictwo systemowe. Kierunki przeobrażeń techniczno-technologicznych", PWN, Warszawa 1988.
18. W. PIWKOWSKI, "Kierunki rozwoju budownictwa mieszkaniowego - hipoteza czy alternatywa". XXIV Konferencja Problemowa PZITB, Kołobrzeg, maj 1989. Materiały konferencyjne, str. 1-8. PZITB, Gdańsk-Kołobrzeg 1989.
(Patrz również Przegląd Budowlany 8-9/89, str. 361-363).
19. Z. NOWAK i inni, "Informacja o stanie i przekształceniach technik, technologii i systemów budownictwa mieszkaniowego", COBPBO, Warszawa, maj 1990 r.
20. T. SUMIEN, "Środki urbanistyczne i architektoniczne w systemie kompleksowej ochrony energii w osadnictwie". Konferencja Naukowo-Techniczna "Oszczędność energii w obiektach budowlanych", Kretowiny, 2-5.09.1987. Referaty, Część I, str. 51-68, Wyd. ITB, Warszawa 1987.
21. A. FAJANS, Z. BABINSKI, "Wybrane aspekty energooszczędności w planowaniu urbanistycznym i architektonicznym". Konferencja Naukowo-Techniczna "Oszczędność energii w obiektach budowlanych", Kretowiny, 2-5.09.1987. Referaty, Część I, str. 69-79, Wyd. ITB, Warszawa 1987.
(Patrz również Przegląd Budowlany 12/88, str. 522-526).
22. M. MIODUSZEWSKA-WYSOCKA, "Projektowanie architektoniczne w aspekcie wykorzystania energii słonecznej". Konferencja Naukowo-Techniczna "Oszczędność energii w obiektach budowlanych", Kretowiny, 2-5.09.1987. Referaty, Część I, str. 80-94, Wyd. ITB, Warszawa 1987.
23. "Rozwój kierunków projektowania energooszczędnych budynków mieszkalnych", praca zbiorowa. Prace IPPT 2/1989, IPPT PAI, Warszawa 1989.

24. "Architektura energooszczędna dziś i jutro", Konferencja, Kazimierz Dolny, 13-16.04.1989. Zbiór referatów, IPPT PAN, Warszawa 1990.
25. T. JAROSZ, "Energooszczędne rozwiązania ścian zewnętrznych w budownictwie". Przegląd budowlany 3/1988, str. 110-113.
26. J. ARENDARSKI, "Poprawa izolacyjności cieplnej budynków mieszkalnych", Arkady, Warszawa 1988.
27. B. SZEWCZYK, "Możliwości zmniejszenia zużycia energii przez udoskonalenie systemów i instalacji ogrzewczych". Konferencja Naukowo-Techniczna "Oszczędność energii w obiektach budowlanych", Kretowiny, 2-5.09.1987. Referaty, Część II, str. 35-50, Wyd. ITB, Warszawa 1987.
28. S. MANKOWSKI, "Oszczędności energii w miejskich systemach ciepłowniczych". Patrz ref. [27], str. 51-65.
29. S. MIERZWIŃSKI, W. NAWROCKI, M. WĄSACH, "Racjonalizacja zużycia energii na cele wentylacji". Patrz ref. [27], str. 66-78.
30. T. JEDRZEJEWSKA-ŚCIBAK, "Warunki minimalizacji zużycia energii do ogrzewania budynków". Patrz ref. [27], str. 79-96.
31. M. RUBIK, "Pompy ciepła i ich zastosowania w Polsce". Ref. [27], str. 97-115.
32. Z. PLUTA, W. POMIERNY, "Wykorzystanie energii słonecznej w budownictwie mieszkaniowym", Ref. [24], str. 5-33.
33. K. KOTARSKA, Z. KOTARSKI, "Ogrzewanie energią słoneczną. Systemy pasywne", Wyd. NOT-SIGMA, Warszawa 1989.
34. L. LASKOWSKI, "Tendencje w projektowaniu i efektywność biernych systemów słonecznych", COW 8-9/1988.
35. Z. MICHNOWSKI i inni, "Energooszczędny system budownictwa niskiego MURSA-ZM", Ref. [27], str. 18-31.
36. E. HIRST, J. CLINTON, H. GELLER, W. KRONER, "Energy Efficiency in Buildings: Progress & Promise, ACEEE, Washington, 1986.
37. T. E. STELSON, "Energy trends in the United States", Polish-American Workshop on Energy Conservation, Mogilany, 20-22 October, 1990. (Wyd. CPPGSMiE PAN, I/90, str. 8-19).

38. "Informacja o przewidywanym zapotrzebowaniu energii cieplnej w mieszkalnictwie i możliwościach ograniczenia jej zużycia" (M. ROBAKIEWICZ i inni), MGPIB, Warszawa, kwiecień 1990.
39. S. CHYRCZAKOWSKI, T. LIS, "On the possibilities of energy savings in residential buildings in Poland in years 1990-2010", Polish-American Workshop on Energy Conservation, Mogilany, 20-22 October, 1990. (Wydawnictwa CPPGSMiE PAN, Zeszyt specjalny I/90, str. 323-340).
40. O. KUNERT z zespołem, "Ocena stanu badań w zakresie użytkowania energii i sposobów jego racjonalizacji w gospodarce mieszkaniowej". Opracowanie wykonane w ramach CPBP 02.21, temat 1.35, Tow. Kons. Polskich, Łódź 1987.
41. Z. NOWAK z zespołem, opracowanie nieopublikowane wykonane na zlecenie ZPE IPPT PAN, COBPBO, Warszawa 1988.
42. T. SUMIEN, Raport "Ochrona i oszczędność energii w procesie rehabilitacji istniejących i budowy nowych zasobów mieszkaniowych w okresie 1991-2020", Instytut Gospodarki Przestrzennej i Komunalnej, Warszawa, listopad 1989.
(Patrz również Przegląd Budowlany 5/90, str. 216-221).
43. Ocena MGPIB z czerwca 1990 r., maszynopis nieopublikowany.
44. "Program budownictwa mieszkaniowego na lata 1986-2000, Departament Gospodarki Mieszkaniowej w MAiGP, Warszawa 1985.
45. Z. NOWAK, Z. GRZELEC, "Analiza i dobór zaktualizowanych reprezentatywnych obiektów modelowych budownictwa mieszkaniowego wielorodzinnego w układzie rodzajowym i technik". Opracowanie COBPBO P2.04.02.2, Warszawa, grudzień 1986.
46. Z. NOWAK, Z. GRZELEC, "Analiza i dobór zaktualizowanych reprezentatywnych obiektów modelowych budownictwa mieszkaniowego jednorodzinne w układzie rodzajowym i technik". Opracowanie COBPBO P2.04.02.6, Warszawa, listopad 1988.
47. Z. NOWAK, Materiały nieopublikowane, COBPBO, Warszawa 1989.

48. L. ŚLUBECKI, Materiały nieopublikowane, "Orgbud", Warszawa 1989.
49. Z. NOWAK, Materiały nieopublikowane, Zespół Autorski Pracowni Projektowych "Projekt", Warszawa 1990.
50. L. KAREWICZ, W. ZAWOLIK, "Opracowanie danych dotyczących obecnych i przewidywanych cen nośników energii stosowanych w budownictwie mieszkaniowym", Optimex, Łódź, lipiec 1990.
51. B. ŚWIECKA, R. CIĄGADLAK, "Opracowanie danych umożliwiających ocenę możliwości racjonalizacji zużycia energii cieplnej w budynkach wielorodzinnych" (rękopis), Towarzystwo Wynalazców "RATIO", Warszawa, wrzesień 1990.
52. E. ŚWIRKOWSKI, "Wyznaczanie energochłonności budownictwa", Instytut Organizacji, Zarządzania i Ekonomiki Przemysłu Budowlanego "Orgbud", Warszawa 1979.
53. S. CHYRCZAKOWSKI, "Ocena możliwych oszczędności energetycznych w budynkach mieszkalnych", Prace IPPT (w przygotowaniu).
54. T. SUMIEN z zespołem, "Trzy scenariusze wariantowe krajowego programu rehabilitacji i budowy mieszkań 1991-2020 na tle kierunków polityki i prognoz ochrony energii cieplnej w zasobach mieszkaniowych". CPBR 4.1 P2.10.02.05, Warszawa, październik 1989 r.
55. T. SUMIEN z zespołem, "Szacunek klasyfikacyjny rehabilitacji zasobów mieszkaniowych w programie 1991-2020 - wg typów i wyposażenia mieszkań". CPBR 4.1 P2.10.02.08, Warszawa, listopad 1989 r.
56. Z. BIBROWSKI, H. W. BAŁANDYNOWICZ, "Model prognostyczny zużycia energii pierwotnej na pokrycie społecznych kosztów finalnych. Opracowanie danych wejściowych do prognozowania zużycia energii na realizację PSPF i wyniki obliczeń testowych dla rozwoju KPE". Opracowanie ZPE IPPT PAN nr 3/88, Warszawa, listopad 1988.
57. Z. BIBROWSKI, A. UMER, "Model prognostyczny zużycia energii pierwotnej na pokrycie społecznych potrzeb finalnych (PSPF). Metoda prognozowania i obliczenia

- zapotrzebowania na energię pierwotną i zaspokojenia PSPF do 2010 r.". Opracowanie ZPE IPPT PAN nr 5/89, wykonane w ramach CPBR 5.1, Cel 1.1, Warszawa, listopad 1989.
58. A. UMER, Z. BIBROWSKI, H. W. BAKANDYNOWICZ, Materiały nieopublikowane, ZPE IPPT PAN, Warszawa, czerwiec 1990.
59. "Energochłonność skumulowana", pod red. Z. BIBROWSKIEGO, PWN, Warszawa 1983.
60. CZ. RUKSZTO, L. ŚLUBECKI, "Prognozowanie zużycia paliw i energii w produkcji materiałów dla budownictwa na lata 1990, 1995, 2000". Opracowanie Instytutu Organizacji, Zarządzania i Ekonomiki Przemysłu Budowlanego "ORGBUD" R-509/1.1.12.03./NE, Warszawa 1988 r.
61. Z. NOWAK, Z. GRZELEC, M. ŚLEDZIEWSKA, "Prognoza zapotrzebowania na podstawowe materiały i wyroby budowlane dla zadań 1987-90 w układzie grup rodzajowych budownictwa ogólnego", opracowanie P2.04.03.3, COBPBO, Warszawa, wrzesień 1987 r.
62. Z. NOWAK, Z. GRZELEC, M. ŚLEDZIEWSKA, "Opracowanie i analiza wskaźników i potrzeb materiałowych dla zaktualizowanych reprezentatywnych obiektów modelowych budownictwa mieszkaniowego wielorodzinnego". Opracowanie COBPBO P2.04.02.3, Warszawa, czerwiec 1987.
63. Z. GRZELEC, M. ŚLEDZIEWSKA, "Opracowanie i analiza wskaźników i potrzeb materiałowych dla zaktualizowanych reprezentatywnych obiektów modelowych budownictwa mieszkaniowego jednorodzinne". Opracowanie COBPBO P2.04.02.7, Warszawa, marzec 1989.
64. M. BOUELLE, A. SENDEROWSKI, "Wielkości zużycia energii na ogrzewanie w modelowych budynkach wielorodzinnych". Opracowanie COBPBO P2.02.02.3, Warszawa, sierpień 1987.
65. L. KAREWICZ z zespołem, "Koncepcja oceny efektywności inwestowania w energooszczędny budynek mieszkalny". Opracowanie wykonane w ramach tematu 1.34 CPBP 02.21, Przedsiębiorstwo Usług Konsultingowych "Konsultex" w Warszawie, ZEiOP w Łodzi, Łódź, listopad 1988.

66. L. KAREWICZ, W. ZAWOLIK, "Metoda optymalizacji inwestowania w energooszczędność budynków mieszkalnych i nowowznoszonych w warunkach niepewności danych".
Opracowanie wykonane w ramach tematu 1.34 CPBP 02.21, Przedsiębiorstwo Usług Konsultingowych "Konsultex" w Warszawie, ZEIOP w Łodzi, Łódź, wrzesień 1989.