

dr inż. Małgorzata Fedorczyk-Cisak^{1)*}

ORCID: 0000-0003-1125-4068

dr inż. Mark Bomberg, prof. Clarkson University²⁾

ORCID: 0000-0002-8537-0750

Dlaczego wielorodzinne budynki mieszkalne w Vancouver zużywały tyle samo energii w 2002 co w 1929 roku?

Why did multi-family residential buildings in Vancouver use the same amount of energy in 2002 as in 1929?

DOI: 10.15199/33.2022.01.07

Streszczenie. Projektując przegrody zewnętrzne budynku należy poddać analizie wiele różnych aspektów, takich jak efektywność energetyczna, trwałość, możliwość zbudowania takiej przegrody, wpływ na warunki zdrowotne i zapewnienie komfortu osób przebywających w budynku, bezpieczeństwo pożarowe, akustyka oraz aspekt finansowy. W artykule autorzy analizują kwestie związane z efektywnością energetyczną i procesami ciepłno-wilgotnościowymi przegród. Inne tematy poruszane w tym artykule to wpływ przegród na jakość środowiska wewnętrznego. **Słowa kluczowe:** efektywność energetyczna; przegrody zewnętrzne; jakość środowiska wewnętrznego; budynki zrównoważone.

Abstract. When designing the building envelope, many different aspects should be analyzed, such as energy efficiency, durability, the possibility of constructing such divisions, the impact on health conditions and ensuring the comfort of people in the building, fire safety, acoustics and the financial aspect. In the article, the authors analyze the issues related to energy efficiency and thermal and humidity processes in partitions. Other topics covered in this review article are the effects of partitions on the quality of the indoor environment.

Keywords: energetic efficiency; external partitions; the quality of internal environment; sustainable buildings.

Średnie zużycie energii w wielorodzinnych budynkach w Vancouver w Kanadzie w 1990 r. wynosiło 315 kWh/(m²r.). Od 1990 r. zużycie to zmniejszyło się, osiągając 250 kWh/(m²r.) w 2002 r. Taką samą ilość energii zużywano w tego typu budynkach w 1929 r.! Murowany budynek, wzniesiony 70 lat temu, zużywał tyle samo energii co lśniący, obłożony szklaną elewacją, nowoczesny budynek wznoszony w XXI stuleciu! Dlaczego zatem w 2002 r. nie zużywano znacznie mniej energii niż w latach dwudziestych ubiegłego wieku i dlaczego w latach 1950 – 2000 zwiększenie emisji CO₂ z budynków wzrosło aż o 300%?

W Ameryce Północnej (AP) budynki neutralne pod względem emisji CO₂ były wznoszone po raz ostatni w połowie XIX w. Aby zrozumieć tę zagadkę, należy przyjrzeć się zmianom w konstrukcji budynków na przestrzeni lat.

Budynki z lat dwudziestych XX wieku

W zeszłym stuleciu przez wiele lat wznoszono przede wszystkim budynki murowane. W związku z tym, że funkcje konstrukcyjne wymagały grubych ścian na niższych kondygnacjach, a cieńszych na wyższych, budynek taki miał bardzo dużą pojemność cieplną. Stropy wykonywano z nośnych belek stalowych z wypełnieniem z pustaków ceramicznych. Ściany były szczelne, ponieważ od wewnątrz i zewnątrz wykańczano je tynkiem wapiennym, który powoli dojrzewa. Następuje więc osiadanie budynku, zanim tynk osiągnie pełną sztywność. Doskonale dopasowane, ciężkie i zwykle pomalowane farbą olejną, podwójne okna były w pełni zintegrowane z murowanymi ścianami. Powierzchnia okien była mała. Z punktu widzenia fizyki, taki budynek był szczelny i masywny. Z uwagi na niewydajne i jedynie okresowo działające źródła ciepła, w zimie środowisko wewnętrzne zmieniało się od pełnego komfortu do niekomfortowego zimna.

Lepsze systemy grzewcze, wentylacyjne i kontroli wilgoci

Wiele ulepszeń zostało wprowadzonych w latach trzydziestych XX w. Jednym z nich był papier impregnowany asfaltem stosowany jako bariera wiatrowa i deszczowa po zewnętrznej stronie ścian, ograniczając przepływ powietrza i deszczu, ale pozwalając na pewien przepływ wilgoci na zewnątrz. Aby poprawić izolacyjność termiczną, przestrzeń wewnątrz ścian o konstrukcji szkieletowej została wypełniona materiałami termoizolacyjnymi. Początkowo używano drewnianych wiórów, stabilizowanych wapnem, następnie drobno zmielonych gazet, a ostatecznie materiałów z włókna mineralnego lub szklanego. Obecność izolacji termicznej powodowała jednak obniżenie temperatury wewnątrz drewnianych elementów ścian szkieletowych, co z kolei prowadziło do kondensacji wilgoci i w efekcie zmniejszenia trwałości ściany. W celu zmniejszenia ilości kondensatu pary wodnej w ścianach wprowadzono bariery paroszczelne. Opór w przypadku dyfuzji pary wodnej stawiany był początkowo

¹⁾ Politechnika Krakowska; Wydział Inżynierii Lądowej

²⁾ Clarkson University, Potsdam, NY, USA

^{*}) Adres do korespondencji: mfedorczyk-cisak@pk.edu.pl

kowo przez typowe drewniane deski. Po zakończeniu wojny, w 1945 r. nastąpiła eksplozja budownictwa. Można było zaobserwować, jak sklejka drewniana zastąpiła deski, płyty wiórowe zastąpiły sklejkę, a wreszcie płyty OSB (*oriented strand board*) zastąpiły wymienione materiały, a od wewnątrz płyty kartonowo-gipsowe zastąpiły mokre tynki. „Suchy tynk” był paroprzepuszczalny, a więc pod nim stosowano bariery paroszczelne. Ściany zewnętrzne nie mogły już wysychać do wnętrza budynku. Jednocześnie nowe materiały na bazie drewna były bardziej podatne na działanie wilgoci. Ściany nadal pracowały prawidłowo pod warunkiem, że istniała wystarczająca możliwość osuszenia ściany od zewnątrz budynku. Z czasem jednak, ze względu na oszczędność energii, zwiększono izolacyjność termiczną i szczelność budynków, co zredukowało możliwości wysychania ścian do tego stopnia, że problemy, takie jak przecieki wokół okien, czy penetracja wilgoci pod okładziny wewnętrzne, często prowadziły do akumulacji wilgoci oraz miejscowego zniszczenia ścian.

Najważniejsze zmiany w konstrukcji ścian w ciągu ostatnich siedemdziesięciu lat, to:

- zwiększona izolacyjność termiczna, paroszczelność i szczelność ścian oraz zminimalizowane przenikanie powietrza przez powłoki;
- zredukowana zdolność do magazynowania wilgoci w materiałach ściennych (od drewna do OSB);
- stosowanie materiałów znacznie bardziej wrażliwych na działanie wilgoci (złącza OSB).

Każdy z wymienionych czynników mógł zmniejszyć odporność ścian na działanie wilgoci. Przed 1970 r. nie przejmowano się kosztami energii. Nadmierne przenikanie powietrza i związane z tym straty ciepła stanowiły raczej niewygodę niż poważny problem. Wprowadzenie wymagania oszczędzania energii, jako środka redukującego import ropy naftowej, który zainicjowano w latach siedemdziesiątych XX w., a przyspieszono w ostatniej dekadzie, zmusiło do zmiany sposobu myślenia. Nowe systemy ogrzewania, bez użycia kominów, zmniejszyły wymianę powietrza i stworzyły koniecz-

ność wymuszenia cyrkulacji powietrza wewnątrz budynku. W efekcie w 1985 r. Kanadyjski Kodeks Budowlany wprowadził obowiązkowe wymagania szczelności i wentylacji mechanicznej we wszystkich typach budynków mieszkalnych. W tym momencie współdziałanie przegrody zewnętrznej z systemami ogrzewania, wentylacji i cyrkulacji powietrza w strefach przebywania ludzi stało się elementem analizy kontroli środowiska wewnętrznego, zaś określenie „budynek jako system” najlepiej odzwierciedla tę sytuację. W polskich przepisach techniczno-budowlanych istnieje jedynie zapis o zalecanych poziomach szczelności obudowy budynku i zalecenie przeprowadzenia badania szczelności. Naszym zdaniem obowiązkowe wymagania dotyczące szczelności powietrza i wentylacji mechanicznej we wszystkich typach budynków mieszkalnych oraz obowiązkowe badania szczelności powinny być obligatoryjne.

Czy jest wspólny mianownik zmian w konstrukcji?

Kluczem do zrozumienia, dlaczego wiele ulepszeń materiałowych pogorszyło sytuację w budynkach – jest **fragmentacja**. Każda ze zmian, choć w skali materiału była pozytywna, to w skali budynku miała nieprzewidziane skutki i wynikała z fragmentacji myślenia, np. dawne tynki wapienne czy późniejsze wapienno-cementowe były układane na drewnianych listwach lub trzciniowych matach. Kiedy wyeliminowano listwy i wapno oraz wyeliminowano szczeliny powietrzne i elastyczną strefę odkształceń pomiędzy sztywnymi materiałami, nastąpił wzrost spękania tynków i powstały problemy z wilgocią. Podobnie wprowadzenie uproszczonych metod instalacji okien spowodowało znaczne zwiększenie nieszczelności i przenikania powietrza przez przegrodę zewnętrzną budynku.

Jednocześnie zwiększały się wymagania komfortu środowiska wewnętrznego i zużycia energii. Aby rozwiązać konflikt **między oszczędnością energii a komfortem mieszkańców**, należy wrócić do zintegrowanych systemów budowania i postawić wymagania zachowania komfortu wewnątrz przy jedno-

czesnym obniżeniu zużycia energii. Podczas gdy media bez zająknięcia mówią o zwiększeniu wykorzystania odnawialnych źródeł energii, nie zdają sobie sprawy, że energia odnawialna to jedynie dekoracja na torcie. Nie można mówić o dekoracji tortu, zanim nie ma się tortu. Odnawialne źródła energii to kropla w morzu w porównaniu z **brakiem efektywności energetycznej** obecnie budowanych budynków.

Kontrola ciśnienia powietrza wewnątrz budynków

Kiedy budynki były nieszczelne i słabo zaizolowane, skutki działania systemów HVAC (ogrzewania, wentylacji i klimatyzacji) na ciśnienie powietrza w budynkach i na trwałość powłoki zewnętrznej były nieznaczące. Nie było konieczności rozumienia zasad, według których powietrze przemieszcza się wewnątrz budynku, z wyjątkiem sytuacji, kiedy potrzebne jest doprowadzenie do budynku świeżego powietrza. Dzisiaj sytuacja jest inna, gdyż wymagamy, aby budynki były dobrze zaizolowane i szczelne, w których problemy zdrowotne (skażenie mikrobiologiczne) zostały odpowiednio zminimalizowane.

Obecnie znajomość zasad przepływu powietrza wewnątrz budynku jest konieczna. Za konieczne należy uznać określenie różnicy ciśnienia, chociaż jest niewielka i trudna do zmierzenia. To jeden z kluczowych powodów do zakwestionowania wielu założeń, które zostały opracowane na przestrzeni wielu lat. Podczas gdy konieczność zapewnienia szczelności obiektu jest powszechnie uznawana, jednak osiągnięcie jej w praktyce nadal pozostaje dużym wyzwaniem. Systemy barier kontrolujących przepływ powietrza przez przegrody zewnętrzne są konieczne we wszystkich klimatach. Wymagane jest zapewnienie 100% szczelności przegrody na całej powierzchni ściany. Ciągłość i szczelność powłoki kontroli powietrza musi być sprawdzana zarówno w trakcie projektowania obiektu, jak i jego budowy.

Wyjaśnienie zagadki energii? Przykładów takich jak porównanie budynków z Vancouver wzniesionych w 1929 i 2002 r., możemy dać więcej.

