

WILGOTNOŚCIOMIERZE ELEKTRONICZNE DO DREWNA

dr inż. Krzysztof Tannenberga

Streszczenie: W artykule przedstawione teoretyczne podstawy działania wilgotnościomierzy rezystancyjnych (oporowych, igłowych) i wilgotnościomierzy pojemnościowych (dotykowych). Omówione zostały wady i zalety obydwu typów wilgotnościomierzy. Najwięcej miejsca poświęcono praktycznym aspektom pomiarów wilgotności, w tym pomiarom w sytuacjach nietypowych: drewno zwilżone powierzchniowo, pomiary przy bardzo suchym powietrzu, wpływ środków konserwujących drewno, pomiary wilgotności oklein, pomiary w komorach suszarniczych.

Wilgotność drewna jest podstawowym parametrem technologicznym drewna. Wpływa w zasadniczy sposób na jego własności fizyczne i mechaniczne. Z tego powodu szybki, dokładny i niezawodny pomiar wilgotności drewna jest rzeczą niezbędną.

Do pomiaru wilgotności drewna powszechnie stosowane są obecnie wilgotnościomierze elektroniczne (elektryczne). Działają one na zasadzie pomiarów parametrów elektrycznych próbki drewna i przetwarzaniu zmierzonych wartości bezpośrednio na wilgotność wyrażoną w procentach.

Wilgotność drewna określona jest wzorem [1]:

$$[1] \quad W_0 = \frac{m_w - m_s}{m_s} * 100 \quad (\%)$$

gdzie:

m_w - masa drewna wilgotnego,
 m_s - masa drewna suchego
 W_0 - wilgotność drewna

Przy takiej definicji, wilgotność drewna może przyjmować wartości powyżej 100%. Przykładowo, wilgotność świeżo ściętego drewna może wynosić 160-180 %. Wilgotność odniesiona do masy suchego materiału (jak we wzorze [1]) nazywana jest wilgotnością bezwzględną. Dla innych materiałów (np. w energetyce i budownictwie) wilgotność odnosi się do masy materiału wilgotnego (w mianowniku wzoru [1] występuje m_w) i nie może przekroczyć 100%. Tak różne definicje wilgotności są czasem źródłem błędów i nieporozumień, jak np. przy porównywaniu

wskazań wilgotnościomierza z wynikami otrzymanymi wagi-suszarką lub przy dostawach drewna budowlanego.

Wszystkie wilgotnościomierze do drewna mierzą wilgotność bezwzględną.

Spotyka się dwie podstawowe grupy wilgotnościomierzy:

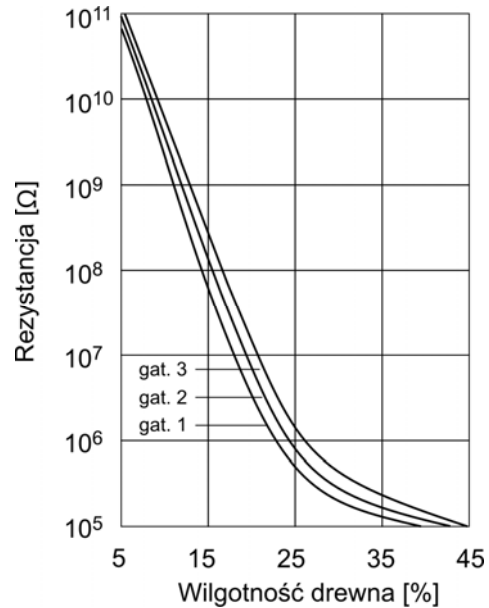
- wilgotnościomierze rezystancyjne (z igłami) (Rys.1),
- wilgotnościomierze pojemnościowe (dotykowe) (Rys.2)



Rys.1 Wilgotnościomierz rezystancyjny



Rys. 2 Wilgotnościomierz pojemnościowy



Rys.3 Zależność rezystancji drewna od jego wilgotności dla różnych gatunków drewna (rysunek poglądowy)

1. WILGOTNOŚCIOMIERZE REZYSTANCYJNE

Wilgotnościomierze rezystancyjne mierzą rezystancję (oporność elektryczną) pomiędzy wbitymi w drewno elektrodami. Rezystancja drewna bardzo mocno zależy od wilgotności. Przykładowo, w zakresie 6% do 28% wilgotności, przy zmianie wilgotności o 3,5% rezystancja zmienia się dziesięć razy (zmienia się o rząd).

Powyżej 28%, to jest powyżej punktu nasycenia włókien, zależność ta nie jest już tak silna, co bezpośrednio wpływa na zmniejszenie czułości i pogorszenie dokładności pomiaru (rys. 1).

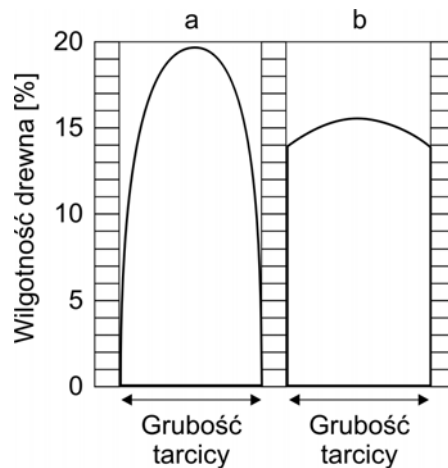
Stąd większość producentów nie określa dokładności pomiarów dla wilgotności powyżej punktu nasycenia włókien.

Zakres pomiaru wilgotnościomierzem rezystancyjnym od dołu ograniczony jest możliwością pomiaru dużych rezystancji. Doświadczenia dowodzą, że pomiary rezystancji powyżej 50 GΩ wymagają stosowania specjalnych materiałów, metod i układów pomiarowych oraz możliwe są tylko w warunkach laboratoryjnych. Rezystancję ok. 50 GΩ posiada drewno o wilgotności ok. 6%, co jest dolną granicą zakresu pomiarowego.

Igły wilgotnościomierza mogą znajdować się bezpośrednio na obudowie przyrządu lub na elektrodzie młotkowej, połączonej z przyrządem przewodem.

1.1 GŁĘBOKOŚĆ WBIJANIA IGIEŁ

Głębokość wbijania igieł w badane drewno ma istotny wpływ na wynik pomiaru. Rozkład wilgotności na grubości tarcicy przedstawiono na rys. 4.



Rys. 4 Rozkład wilgotności, (a)-drewno po intensywnym suszeniu; (b) drewno sezonowane

Wynik pomiaru będzie wilgotnością średnią, jeżeli igły wbijemy na głębokość $\frac{1}{4}$ - $\frac{1}{2}$ grubości np. w przypadku tarcicy 32 mm na głębokość 8-10 mm. Głębokość wbijania igieł jest szczególnie ważna przy rozkładzie wilgotności jak na rys.4a. Wbicie igieł głębiej np. do połowy grubości spowoduje zmierzenie wilgotności maksymalnej, która jest znacznie

wyższa od wilgotności średniej. Odwrotnie, wbicie igieł na głębokość mniejszą niż zalecana da wynik niższy od rzeczywistego.

1.2 WZDŁUŻ CZY W POPRZEK WŁÓKIEN

W miernikach wyprodukowanych w Europie przyjmuje się, że kierunek pomiaru rezystancji jest prostopadły do włókien tzn. linia łącząca igły jest prostopadła do włókien. Przyrządy amerykańskie wzorcowane są dla pomiarów rezystancji wzdłuż włókien. Jest to o tyle istotne, że rezystancja drewna mierzona wzdłuż włókien dla wilgotności powyżej 15% jest wyraźnie mniejsza od rezystancji w poprzek włókien. Przy wilgotności poniżej 15% kierunek pomiaru ma pomijalnie mały wpływ na wyniki pomiarów.

Reasumując, dla wilgotności poniżej 15% sposób wbijania elektrod nie ma wpływu na wynik. Przy większej wilgotności wbicie elektrod przyrządu europejskiego” wzdłuż włókien” spowoduje zawyżenie wyniku, a wbicie elektrod przyrządu amerykańskiego” w poprzek włókien ”spowoduje zaniżenie wyniku.

1.3 GATUNEK DREWNA

Jeżeli ograniczymy się do gatunków europejskich i do zakresu wilgotności od 6% do 30%. to gatunek drewna ma niezbyt duży wpływ na wynik pomiaru. Ocenia się, że przy wilgotności 25% błąd z tytułu nie uwzględnienia gatunku mieści się w granicach $\pm 1,5\%$.

Gatunki egzotyczne mogą mieć charakterystyki rezystancyjne bardzo różniące się od charakterystyk gatunków europejskich i nie uwzględnienie gatunku w ich przypadku może spowodować bardzo duże błędy.

1.4 TEMPERATURA DREWNA

Temperatura drewna silnie wpływa na rezystancję drewna, a tym samym na wynik pomiaru. Dlatego konieczne jest jej uwzględnienie, jeżeli temperatura drewna jest niższa niż 15°C lub wyższa od 25°C. Wpływ temperatury kompensuje się albo pokrętelem kompensacji, znajdującym się na wilgotnościomierzu albo poprawkami podanymi w instrukcji obsługi.

Przykładowo, wynik 20% na wilgotnościomierzu bez kompensacji temperaturowej oznacza:

24,5%	- jeżeli drewno miało 0°C
20%	- jeżeli drewno miało 20°C
15%	- jeżeli drewno miało 50°C

1.5 IGŁY IZOLOWANE LUB BEZ IZOLACJI

Igły wilgotnościomierza mogą posiadać izolację na swojej górnej części lub mogą być bez izolacji (gołe na całej długości). Jeżeli rozkład wilgotności w tarcicy jest zbliżony do przedstawionego na rys. 4, to rodzaj igieł nie ma dużego wpływu na wynik pomiaru ponieważ o wyniku i tak decyduje najmniejsza zmierzona rezystancja a ta znajduje się na największej głębokości. Sytuacja zmienia się radykalnie, jeżeli drewno zostało powierzchniowo zwilżone przez deszcz, śnieg lub lód. W tym przypadku stosowanie igieł izolowanych jest konieczne.

1.6 DOKŁADNOŚĆ

Przy starannych i zgodnych z instrukcją obsługi pomiarach wilgotności drewna wilgotnościomierzami rezystancyjnymi, należy liczyć się z błędami:

- $\pm 1\%$ dla drewna o wilgotności ok. 10%
- $\pm 2\%$ dla drewna o wilgotności 20-25%

Największym źródłem niedokładności są różne (nawet w ramach tego samego gatunku) charakterystyki rezystancyjne (zależność wilgotność drewna – rezystancja). Inna jest charakterystyka np. sosny w Polsce a inna sosny w Hiszpanii. Drzewa wyrosłe na glebie kwaśnej mają inne charakterystyki od tych wyrosłych na glebie zasadowej. Także charakterystyki dla bielu i twardejli tego samego gatunku są różne.

Praktycznie każdy z producentów wilgotnościomierzy rezystancyjnych przyjął swoje, własne charakterystyki dla poszczególnych gatunków lub dla całych grup gatunków. Stąd przy porównywaniu wyników pomiarów dokonanych wilgotnościomierzami różnych producentów należy liczyć się z różnicami wyników. Różnice te nie przekraczają $\pm 0,5\%$ dla drewna o wilgotności ok. 10% i $\pm 1\%$ dla drewna o wilgotności ok. 20%.

1.7 MIEJSCE I LICZBA POMIARÓW

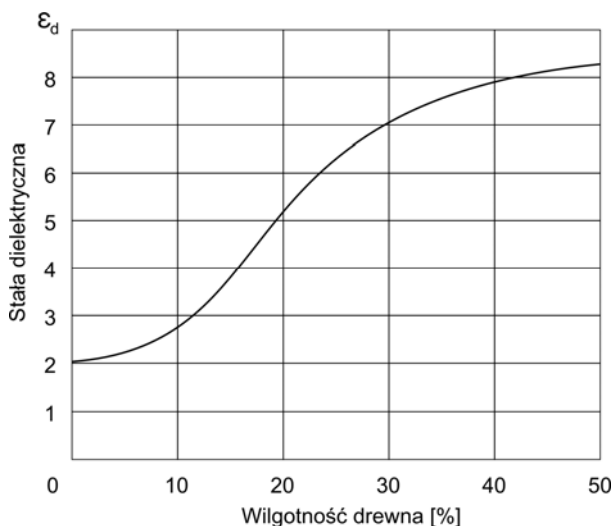
Przy pomiarach wilgotności tarcicy należy przestrzegać następujących zaleceń:

- pomiaru dokonywać w środku szerokości deski, w odległości nie mniejszej niż 0,5 m od czoła lub w połowie długości (dla tarcicy krótkiej),
- miejsca pomiaru powinny być wybrane w sposób losowy,
- pomiarów nie należy wykonywać w miejscu występowania wad i zanieczyszczeń,
- liczba miejsc pomiarowych powinna wynosić 2 do 4 na każdej stronie tarcicy,

- w każdym miejscu pomiaru liczba pomiarów powinna być nie mniejsza niż 3, a odległość między poszczególnymi pomiarami powinna wynosić 10-15 mm,
- za wynik pomiaru należy przyjąć średnią arytmetyczną trzech pomiarów o wartościach najbardziej zbliżonych do siebie.

2. WILGOTNOŚCIOMIERZE POJEMNOŚCIOWE

Wilgotnościomierze pojemnościowe (zwane także: dotykowe, bezigłowe, z polem elektromagnetycznym) działają na zasadzie pomiaru stałej dielektrycznej drewna. Stała dielektryczna wody $\epsilon_w = 80$, a stała dielektryczna całkowicie suchego drewna $\epsilon_d = 2$ do 4. Stąd wpływ zawartości wody w drewnie na jego stałą dielektryczną jest bardzo duży (rys. 5).



Rys. 5 Zależność stałej dielektrycznej drewna ϵ od wilgotności drewna (rysunek poglądowy)

Pomiar polega na przyłożeniu do drewna elektrod, które emitują w głąb drewna zmienne pole elektromagnetyczne. Elektrody te tworzą swego rodzaju kondensator. Pojemność kondensatora zależy od stałej dielektrycznej drewna, a więc od jego wilgotności. Zmiany pojemności przetwarzane są w wilgotnościomierzu na wynik w procentach wilgotności bezwzględnej. Produkowane są wilgotnościomierze z dwoma różnymi kształtami elektrod:

- płaskie elektrody (izolowane) wtopione w dno przyrządu. Miernik ma kształt prostopadłościanu i podczas pomiaru należy przyrząd położyć na badanym drewnie,
- elektrody w kształcie zbliżonym do okręgu, bez izolacji, wystające poza przyrząd i tworzące z nim jedną całość. Podczas pomiaru elektrody dociska się do badanego elementu.

Zakres pomiarowy wilgotnościomierzy pojemnościowych mieści się pomiędzy 4% a 28%. Powyżej punktu nasycenia włókien oraz przy bardzo niskiej wilgotności (poniżej 4%) zmiany stałej dielektrycznej są wyraźnie mniejsze, co utrudnia pomiar (pogarsza dokładność).

2.1 GŁĘBOKOŚĆ PENETRACJI

Najczęściej wilgotnościomierze kalibrowane są dla grubości tarcicy wynoszącej 5 cm. Dodatkowo zakłada się, że rozkład wilgotności na grubości jest zbliżony do paraboli, czyli taki jak przedstawiono na rys.4. Przy takich założeniach wilgotnościomierz wskazuje **średnią** wilgotność tarcicy. Jeżeli grubość tarcicy jest wyraźnie mniejsza od podanej w instrukcji obsługi to otrzymany wynik będzie niższy od wilgotności rzeczywistej. Kłopoty ze wpływem grubości na wynik pomiaru nie występują w przyrządach które posiadają pokrętło ustawiania grubości tarcicy. Bardzo ważne jest, by w czasie pomiaru pod badaną tarcicą nie znajdował się inny materiał. Umieszczenie pod tarcicą płyty metalowej spowoduje szczególnie duże zawyżenie wyniku. Najlepiej, by po drugiej stronie tarcicy była wolna przestrzeń (ewentualnie płyta styropianowa).

2.2 GATUNEK DREWNA

Wilgotnościomierze pojemnościowe są bardzo czułe na gęstość drewna i z tego powodu gatunek drewna ma bardzo duży wpływ na wyniki. Spotyka się dwa sposoby kompensacji wpływu gatunku. Część producentów umieszcza na obudowie wilgotnościomierzy opis z wartością gęstości drewna w kg/dcm^3 . Inni poprzestają na podaniu nazw gatunków drewna.

Nastawienie poprawnej wartości gęstości drewna przed pomiarem prowadzi do uzyskania bardzo dobrych (dokładnych) wyników. Kłopot w tym, że zwykły użytkownik nie potrafi określić gęstości „swojego” drewna i posługuje się danymi podanymi w instrukcji obsługi. Tam jest jednak podana tylko jedna gęstość dla jednego gatunku. Tymczasem gęstość np. dębu przeznaczzonego do produkcji parkietu może wynosić 0.6 kg/dcm^3 , ale może też mieć wartość 0.75 kg/dcm^3 . Taki zakres zmian zmierzono podczas pomiarów jednej partii fryzów otrzymanych od ich producenta. Można przypuszczać, że dla różnych producentów i większej liczby partii różnice gęstości byłyby jeszcze większe. Można oszacować, że przy pomiarach dębu o wilgotności około 10% może to być źródłem błędu wynoszącego ok. $\pm 1.5\%$.

Podawanie w instrukcji obsługi gęstości drewna ma tę zaletę, że przyrząd umożliwia pomiar wilgotności praktycznie wszystkich gatunków drewna /także egzotycznych/.

2.3 TEMPERATURA DREWNA

Wpływ temperatury na stałą dielektryczną drewna jest niewielki, co sprawia, że wpływ temperatury na wynik pomiaru jest pomijalnie mały. Z tego względu wilgotnościomierze pojemnościowe nie posiadają układów kompensacji temperatury drewna

2.4 DOKŁADNOŚĆ

Dokładność wilgotnościomierzy pojemnościowych jest porównywalna z dokładnością wilgotnościomierzy rezystancyjnych. Można przyjąć, że:

- dla wilgotności drewna 10% wynosi $\pm 1,5\%$,
- dla wilgotności drewna 20-25% wynosi $\pm 2,5\%$.

Przy pomiarach tymi przyrządami występują jednak częściej niż w wilgotnościomierzach rezystancyjnych "grube błędy", wynikające ze skokowej, nie do zdiagnozowania, zmiany gęstości na pewnym odcinku badanej tarcicy. Odrzucenie takich wyników, a jest to konieczne, wymaga od wykonującego pomiar wiedzy i doświadczenia.

2.5 MIEJSCE I LICZBA POMIARÓW

Zalecenia w tym zakresie są identyczne jak dla wilgotnościomierzy rezystancyjnych.

3. POMIARY W SYTUACJACH NIETYPOWYCH

3.1 DREWNO ZWILŻONE POWIERZCHNIOWO PRZEZ DESZCZ LUB ROŚĘ

Właściwe określenie wilgotności takiego drewna jest bardzo trudne. Rozkład wilgotności jest radykalnie różny od powszechnie przyjętego przez producentów wilgotnościomierzy.

Wilgotnościomierze pojemnościowe dadzą wyniki znacznie zawyżone, przez co ich stosowanie nie jest zalecane. Podobnie zachowują się wilgotnościomierze rezystancyjne z „gołymi igłami”. Stosunkowo najdokładniejsze wyniki wskaże wilgotnościomierz rezystancyjny z igłami izolowanymi, chociaż i tu istnieje niebezpieczeństwo przeniesienia przez igły wilgoci w głąb drewna w czasie wbijania.

3.2 POMIARY W KOMORACH SUSZARNICZYCH

W komorach suszarniczych najczęściej panuje wysoka temperatura i wysoka wilgotność powietrza. Przeniesienie wilgotnościomierza z pomieszczenia o niskiej temperaturze do atmosfery o wysokiej temperaturze i wilgotności powoduje skraplanie się wody na obudowie miernika. W takiej sytuacji pomiar jest całkowicie niemożliwy. Wyniki są bardzo zawyżone (np. o 10%), a wskazania trzymanego w powietrzu wilgotnościomierza mogą wynosić 15% lub więcej. Ponowne pomiary są możliwe dopiero po starannym osuszeniu wilgotnościomierza, co trwa kilka – kilkanaście godzin.

Zaleca się nie wchodzić z przyrządem do komory, w której panuje wysoka wilgotność i temperatura powietrza.

Przy okazji warto przypomnieć, że najdokładniejsze wyniki otrzymuje się, jeżeli miernik i badane drewno mają temperaturę pokojową. Dotyczy to tak wilgotnościomierzy rezystancyjnych jak i pojemnościowych.

3.3 POMIARY WILGOTNOŚCIOMIERZAMI REZYSTANCYJNYMI PRZY BARDZO SUCHYM POWIETRZU

Pomiarom w bardzo suchej atmosferze tj. przy wilgotności powietrza poniżej 35%RH, towarzyszą oddziaływania elektrostatyczne polegające na gromadzeniu się ładunków w tarcicy i (lub) w operatorze dokonującym pomiaru. Im badane drewno jest bardziej suche tym zakłócenia są silniejsze. Produkcja klein w okresie zimowym jest typowym przykładem takich warunków. W wyniku oddziaływań wynik pomiaru jest niedokładny, zmieniający się z pomiaru na pomiar i ciągle „pływający”. W takim przypadku zaleca się zmienić miejsce pomiaru (pomieszczenie) na korzystniejsze. W ostateczności pomiaru należy dokonać na metalowej, uziemionej siatce, która odprowadzi ładunki elektrostatyczne. Na linii technologicznej z ruchomych elementów drewnianych należy odprowadzić ładunek metalowymi szczotkami a wszystkie mechanizmy i napędy starannie uziemić.

3.4 WPŁYW ŚRODKÓW ZABEZPIECZAJĄCYCH (KONSERWUJĄCYCH) DREWNO

Środki konserwujące oparte na olejach i rozpuszczalnikach nie mają znaczącego wpływu na wynik pomiaru. Inaczej jest w przypadku środków konserwujących bazujących na solach. Powodują one zawyżanie wyniku, który jest tym większy, im bardziej wilgotne jest drewno. Tylko przy wilgotności drewna do 10% ich wpływ jest nieznaczny.

3.5 POMIARY WILGOTNOŚCI OKLEIN

Pomiary wilgotności oklein o grubości 1-3 mm wymagają specjalnych elektrod.

W wilgotnościomierzach rezystancyjnych stosuje się elektrody z bardzo drobnymi igłami o wymiarach np. $\Phi 1 \times 2$ mm lub elektrody z elastycznego materiału przewodzącego prąd (np. gumy przewodzącej prąd). Elektrody wkłada się lub „przytula” do badanego listka.

Wilgotnościomierze pojemnościowe mają tu ograniczone zastosowanie. Pomiar pojedynczej okleiny musi być obciążony dużym błędem (mała czułość, duże wzmocnienie, duży wpływ podłoża). Można próbować mierzyć wilgotność całego stosu oklein. Doświadczenie uczy jednak, że wtedy wynik pomiaru bardzo zależy od siły docisku przyrządu do oklein (które nie są idealnie płaskie). Przez zmianę docisku wypychane jest mniej lub więcej powietrza ze szczelin pomiędzy poszczególnymi okleinami, zmieniając przez to pozorną gęstość badanego stosu. Prowadzi to do błędów i wyników w dużym stopniu zależnych od operatora.

4. ZALETY WILGOTNOŚCIOMIERZY REZYSTANCYJNYCH I POJEMNOŚCIOWYCH

Porównanie wilgotnościomierzy rezystancyjnych z wilgotnościomierzami pojemnościowymi nie pozwala na jednoznaczne przyznanie jednemu z nich przewagi nad drugim. Przedkładanie jednej grupy wilgotnościomierzy nad drugą zależy od ich przeznaczenia i upodobań użytkownika

Podstawowe zalety wilgotnościomierzy są następujące:

Wilgotnościomierze rezystancyjne:

- mały wpływ gatunku drewna na wynik,
- możliwość pomiaru wilgotności na różnych głębokościach,
- bogate wyposażenie w różne elektrody,
- najpowszechniej stosowane.

Wilgotnościomierze pojemnościowe:

- bardzo szybki pomiar,
- nie pozostawianie żadnych śladów,
- zakres pomiaru poniżej 6%,
- mały wpływ temperatury drewna na wynik.

Warto zauważyć, że dla wilgotności powyżej punktu nasycenia włókien (ok. 28%) żaden z wilgotnościomierzy nie zapewnia dokładnych wyników.