

Marek Siewniak, Margarita Siewniak

Zintegrowany pomiar statyki drzewa

Prawo czyni właściciela drzewa odpowiedzialnym za szkody wyrządzone przez nie. Łamiące się konary czy wykroty drzewa są często zjawiskami gwałtownymi, związanymi z wichurami, burzami z piorunami. Pozostała dawna bojaźń i domniemana nieprzewidywalność dawała asumpt albo do „nadwrażliwego”, albo lekceważącego rozwiązywania takich sytuacji. Wraz z uznawaniem wysokiej wartości drzew rozgorzała w Europie w latach 70. dyskusja jurystyczna i merytoryczna nad zagrożeniem otoczenia przez drzewa. Dyskusja dotyczyła głównie zagrożenia ruchu samochodowego i odpowiedzialności za szkody.

W obiektach zabytkowych, gdzie cały układ, kompozycja, budowle, rzeźby i wysoka frekwencja, jak i samo drzewo posiada dodatkowe walory historyczne, bezpieczeństwo nabiera szczególnego znaczenia. W takich sytuacjach powstają swoiste „ekologiczno-konserwatorskie dylematy”. Zdrowy rozsądek nakazuje zmierzenie się i rozwiązanie konfliktu pomiędzy pomnikiem kultury a drzewem – nieraz pomnikiem przyrody.

Dotychczas drzewa w nieskończenie wielkim zróżnicowaniu ich postaci zależnej m.in. od: gatunku/odmiany, wieku, stanu zdrowotnego, deformacji konstrukcji, siedliska modyfikowanego przez człowieka itd.) uchodziły za obiekty w żaden sposób nie pasujące do norm i przepisów bezpieczeństwa stworzonych przez człowieka dla obiektów inżynierskich.

Wg panującego od zarania uprawy drzew poglądu słabość pnia zależała w głównej mierze od stanu jego wypróchnienia. Stan wypróchnienia pnia próbowano określić przez opukiwanie („na ucho”), nawiercanie otworów za pomocą zwykłych świrdrów aż po cuda techniki, tj. bardzo czułe wiertarki rejestrujące cyfrowo napotykaną w pniu opór wiertła o $\phi 3$ mm (rezystografy, densiometry, terredo...), aż po bezinwazyjne metody tomografii wykorzystujące promienie rentgenowskie lub fale dźwiękowe (picus)¹. Nieważny jest przy tym podział na metody tradycyjne i instrumentalne. Zawsze poszukiwane było „najsłabsze ogniwo”, nieraz z sukcesem, nieraz bez. W konsekwencji na porządku dziennym było nadużywanie powoływania się na „siły wyższe”. Z drugiej strony zdarzały się przypadki niepotrzebnego usuwania wartościowych drzew lub redukcji ich korony. Przypadki takie zdarzały się nawet przy stosowaniu uznanych metod i zasad statyki drzew; np. „zasada 0,3” mówiąca, że bezpieczne drzewo powinno posiadać pozostałą zdrową ścianę o grubości przynajmniej 1/3 promienia okazała się niewłaściwa.

Obecnie, wbrew utartemu, tradycyjnemu pogładowi statyka drzewa jest klasycznym zadaniem inżynierskim. Trójkąt statyki, tj. współzależność pomiędzy: obciążeniem – materiałem – kształtem obowiązuje też w całej rozciągłości w odniesieniu do drzewa. Drzewa reagują na wiatr w różny sposób, zmniejszając powierzchnię zagła, uginają się, dopasowują chwilowo i trwale swój kształt. Pod względem aerodynamicznym mogą więc być korzystniejsze niż sztywne budowle. Powstają następujące pary pojęć: biologia – statyka, rozkład – kompensacja (drewna), zdrowotność – bezpieczeństwo. Wyniki badań statycznych wymagają fachowego zinterpretowania dendrologicznego, fitopatologicznego i in.

Od końca lat 80. rozwijana jest w pełni bezinwazyjna metoda pomiaru statyki drzewa przez dr. Wessollego². Metoda ta zakłada wystarczającą znajomość specyfiki fizjologii i anatomii drzewa. Jednocześnie drzewo rozumiane jest jako naturalna, statycznie-dynamiczna konstrukcja, która poddana jest ogólnie obowiązującym przepisom i normom wg DIN 1055, cz. 4 i DIN 1056 dla wszystkich budowli inżynierskich narażonych na oddziaływanie wiatru³. Metoda zwana metodą pociągową lub „elasto-inclino” eliminuje subiektywny osąd stanu drzewa przez rzeczoznawcę. Określane są tzw.: *wytrzymałość podstawowa* S_g i *uogólniona krzywa wywracania*. *Wytrzymałość podstawowa* podaje w procentach wartość wytrzymałości hipotetycznej całego, zdrowego drzewa i jest zawsze taka sama dla wytrzymałości pnia na złamanie i stabilności drzewa w gruncie. W stosunku do niej odnoszone są wszystkie uzyskane pomiary. Formalna nazwa tej metody, *Static Integrated Measuring (SIM)* – statyczne zintegrowanie, oznacza nie tylko ścisłe, matematyczne rozwiązania w ciągle doskonalonym programie komputerowym, ale jednocześnie uwzględnienie wielu czynników mających wpływ na statykę drzewa. Do programu wprowadzane są liczne dane, m.in.: gatunek, fotografia, parametry dendrometryczne, parametry aerodynamiczne miejsca, wysokość n.p.m., temperatura, współczynnik oporu wiatru c_w , rezonans własny. Wyniki pomiaru są w pełni obiektywne i powtarzalne. Mierzona jest fizyczna reakcja drzewa na symulowany napór wiatru. Symulowane obciążanie nie przekracza z zasady 3% siły orkanu, do czego wystarczają siły poniżej 1,6 kN. Tak znikome siły nie mogą wywołać jakichkolwiek uszkodzeń drzewa.

Mierzone są dwie reakcje drzewa i określane dwie aktualne wartości statyczne.

Praca dopuszczona do druku po recenzjach

1. Metoda elasto – pomiar wytrzymałości pnia na złamanie

Przy pomocy tensometrycznego czujnika zwanego elastomerem o czułości 1/1000 mm mierzy się rozciąganie względnie ściskanie najbardziej zewnętrznych warstw drewna naprężanego pnia. Na ogół nie przekracza się przy tym wartości 200 μ . Dokonywana jest seria pomiarów w kilku miejscach podejrzanych o defekt i osłabienie. Uzyskane liczbowe wartości odzwierciedlają wytrzymałość aktualną pnia przy uwzględnieniu aktualnych parametrów drzewa. Jeżeli uzyskana wartość rozciągania nie przekracza empirycznej wartości granicy elastyczności danego gatunku drzewo jest bezpieczne.

2. Metoda inclino – pomiar stabilności drzewa w gruncie

Przy pomocy czujnika zwanego inklinometrem o dokładności 1/100° mierzy się wychylenie drzewa na wysokości odziomka. Kontrolowane wychylenie drzewa nie przekracza z reguły 0,5°. Uzyskany wynik odzwierciedla liczbowo wytrzymałość drzewa na wywrócenie zwaną stabilnością w gruncie. Wartość ta odzwierciedla jednocześnie wytrzymałość samych korzeni (redukcja, obumarcie, rozkład drewna), jak i siłę mocowania (tarcia) w ziemi (zwężłość, rozmięknienie, wykopy...).

Na podstawie adaptacji ogólnych zasad i metod pomiaru statyki i empiryzmu pomiarów kilku tysięcy drzew powstała dojrzała, ścisła metoda dendrologiczna. Opracowane zostały i są ciągle weryfikowane⁴:

1. Komputerowy program statycznie zintegrowanej interpretacji pomiarów.
2. Tzw. Stuttgarcki Katalog czyli zbiór danych statycznych (wytrzymałościowych) drewna kilkudziesięciu gatunków.
3. Sformułowano wiele ciekawych symptomów, zasad przyrodniczych, które wymagają specjalnej interpretacji; np.:
 - wytrzymałość pnia tego samego gatunku i tej samej grubości może różnić się aż 11 razy,
 - za stabilność drzewa odpowiadają głównie korzenie grube wokół pnia w odległości jego średnicy,
 - określona została uogólniona krzywa wywracania. Maksymalne obciążenie powodujące wywrócenie drzewa osiągnięte jest już przy wychyleniu 2,5°.
4. Równoległe powstała praktyczna metoda szacunkowego, bezinstrumentalnego określania statyki drzewa SIA (*Static Integrated Assessment*)⁵. Przy pomocy empirycznych krzywych określana jest też wytrzymałość podstawowa (S_g), porównywana jest wielkość i kształt korony z grubością pnia. Krzywe zawierają informacje o współczynniku c_w , naporze wiatru i właściwościach materiałowych drewna żywego drzewa. Jest to metoda tania i szybka, wystarczająca do rutynowych kontroli stanu statycznego każdego drzewa w drzewostanach miejskich czy parkowych. Daje ona jednocześnie wytyczne do poprawienia wartości statycznych drzewa poprzez redukcję korony w czterech zakresach. Obie metody współpracują ze sobą. Przy pomocy SIA przeszkolony personel może dokonać właściwej oceny statyki 95% drzew, dopiero dla pozostałych najtrudniejszych drzew konieczne będzie SIM.

Efektym diagnostycznym powinien być jeden z trzech następujących wniosków: drzewo jest stabilne w perspektywie średnio- lub długoterminowej, drzewo nie jest stabilne, ale można poprawić jego statykę, drzewo jest niebezpieczne. Ostateczne decyzje o postępowaniu z drzewem będą podejmowane przez osoby odpowiedzialne przy zachowaniu właściwych procedur⁶.

W Warszawie zmierzono metodą ELASTO-INKLINO 22 drzewa. Wszystkie drzewa rosnące w eksponowanych miejscach wzbudzały obawy, posiadały wypróchniałe pnie, pogorszone lub ograniczone warunki rozwoju korzeni itd. Pomiary elasto-inklino potwierdziły obawy w większości przypadków.

Najbardziej niebezpieczną, mimo redukcji korony, okazała się topola na Pl. Zamkowym. Topola na Pl. Krasieńskich nie stwarza bezpośredniego zagrożenia. Obecność agresywnych hub nakazuje wielką ostrożność. Klon przy Pałacu na Wodzie w Łazienkach okazał się drzewem bezpiecznym. Jego wysokość i korona zostały zredukowane.

1. Topola kanadyjska. Plac Zamkowy. $S_g = 945\%$

Punkt pomiar.	Wysokość punktu (m)	% wytrzymałości S_g	% stateczności S_b
1	0,6	60	370
2	1,0	85	211
3	1,5	132	
4	1,8	148	
5	2,0	105	
6	2,5	126	
7	3,5	109	

Obecna rzeczywista minimalna wytrzymałość pnia na złamanie w punkcie pomiarowym nr 1 na wysokości 0,6 m wynosi 60%. Jest to zbyt mała wytrzymałość pnia na złamanie. Stabilność drzewa w gruncie jest silnie obniżona i wynosi ok. 211%. Jest to również zdecydowanie zbyt niska wartość. Siedmiometrowa misa nie zabezpiecza stabilności. Pień, odziomek i korzenie wypróchniałe (agresywna lakownica *Ganoderma sp.*). Dalsze obniżanie korony drzewa w celu poprawy statyki topoli jest bezcelowe.

Drzewo jest niebezpieczne i powinno być pilnie usunięte.

2. *Populus xcanadensis* na Placu (+ Park) Krasieńskich, k/przystanku MZK. $S_g = 2339\%$

Punkt pomiar.	Wysokość punktu (m)	% wytrzymałości S_g	% stateczności S_b
1.	0,35	297	551
4	4,2	1240	

Drzewo staje się drzewem problemowym, zwłaszcza w tej lokalizacji. Wytrzymałość pnia obniżyła się prawie 10-krotnie, stabilność 4-krotnie. Chociaż drzewo nie stwarza zwiększonego zagrożenia, uzasadniony jest wniosek o jego usunięcie. Stan fizjologiczny drzewa nie rokuje nadziei na poprawę i odbudowę wytrzymałości pnia, odziomka i korzeni (korona resztkowa, *Ganoderma sp.*, *Polyporus squamosus*).

3. Klon zwyczajny. Bezpośrednio przy Pałacu na Wodzie. $S_g = 1046\%$

Punkt pomiar.	Wysokość punktu (m)	% wytrzymałości S_g	% stateczności S_b
1	0,4	1861	1250
5	3,0	1422	

Obecna rzeczywista minimalna wytrzymałość pnia na złamanie w punkcie pomiarowym nr 5 na wysokości 3,0 m wynosi 1422%. Zwiększona wytrzymałość pnia na złamanie jest konsekwencją bardzo znacznego obniżenia drzewa

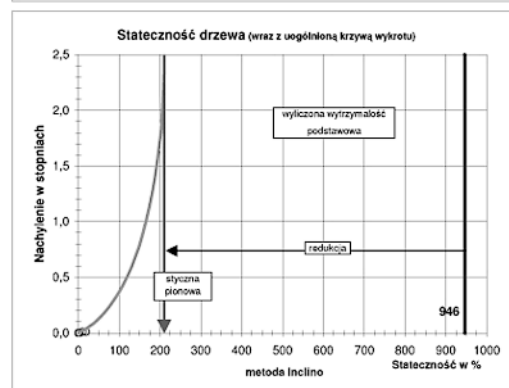
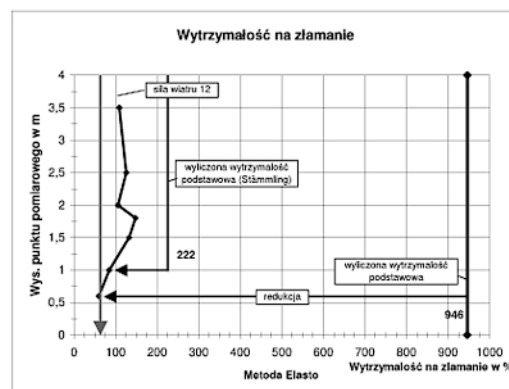
Próba obciąż. Drzewo	1	klasztor obciąż.	1	data:	04.10.04
SAG Baumstatik				opracow.	18.10.04
zeleniodawca Prof. Dr. M. Siewniak		stanowisko Schloßplatz Warszawa			
wysokość	26 m	Gatunek: Populus x canadensis 'Serotina'			
Próba obciążeniowa wg DIN 1055/1056 + Dynamika					
wisokość terenowy	0,23	Dane z Katalogu Stuttgarkiego			
wisokość Cw	0,20	udział częst. wias.	10 %	Wytrż. na ściskanie	2 MN/cm ² do granicy el.
temperatura	0 °C	średek naporu wia	14,9 m	Modul -E :	695 MN/cm ²
wysokość n.p.m.	50 m N.N	ekskentryczność	1,0 m	Granica elastycznot	0,33 %
obwód pnia	303,0 cm	moment skrajny	41 MNm	Pomiary	
powierzchnia profilu	283 m ²	napór wiatru	42,6 kN	średnica 1:	157 cm
		moment orkaru	636 MNm	średnica 2:	146 cm
				Grubość kory:	4 cm
Wylczenie geometrycznej wytrzymałości dla pełnego pnia					
wysokość liny	9,0 m			moment-W :	300.859 cm ³
kąt liny	22,6 stop.	wytrzym. podst.	946 %		

Analiza obciążenia wg DIN 1056 + Dynamika

Ingenieur- und Sachverständigenbüro Dr. Ing. L. Wessolly, öbv SV, Nittelwaldstr. 22, 70195 Stuttgart, Tel. 0711 244052

stanowisko Schloßplatz
Warszawa

Numer drzewa 1
Kier. obciążenia 1



Ingenieur- und Sachverständigenbüro Dr. Ing. L. Wessolly, öbv SV, Nittelwaldstr. 22, 70195 Stuttgart, Tel. 0711 244052

i redukcji korony (wiatr, cięcie). Gruby pień drzewa, mimo jego wypróchnienia, po zmniejszeniu korony zapewnia jej wystarczającą wytrzymałość. Chcąc zachować drzewo należy poprawić zabezpieczenie rozwidlenia przed rozłamaniem za pomocą współczesnych metod.

¹ Nawiercenie jednego otworu daje informacje ograniczone do jednego punktu. Dopiero zjawstwo i doświadczenia eksperta może poszerzyć w mniej lub bardziej ograniczonym zakresie zdiagnozowaną przestrzeń. (Dla dużego drzewa chcąc uzyskać pełną informację o stanie drewna pnia należałoby wykonać abstrakcyjną liczbę kilku tysięcy nawierceń). System korzeniowy pozostawał dla tych metod całkowicie niedostępny. Poszukiwanie bezinwazyjnych metod diagnostycznych stało się pilnym nakazem po ostatecznym stwierdzeniu wielkiej szkodliwości ran powodowanych wierceniem otworów.

Czasowo zbiegło się to z odrzuceniem i potępieniem w USA i Europie Zach. wszelkich raniących drzewa zabiegów tzw. chirurgii drzew (np.: śruby, „czyszczenie ubytków”, formowania ran, „impregnowanie ubytków”, nie wspominając już o tysiącach ran zadawanych przy stosowaniu „drzewołazów”).

² Dr. Lothar Wessolly, Institut für Baumstatik, Stuttgart.



³ Podobne przepisy obowiązują we wszystkich uprzemysłowionych krajach.

⁴ Istnieje międzynarodowa grupa robocza (SAG).

⁵ zwana też w Szwajcarii SIB (*Statisch integrierte Baumbeurteilung*).

⁶ Od wielu lat w sądownictwie europejskim uznawane są coroczne protokoły z corocznej fachowej wizualnej kontroli drzewostanów miejskich, drogowych, parkowych.