

MIRELA TULIK

## Struktura ksylemu wtórnego sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) po awarii reaktora w Czarnobylu

Structure of Scots pine xylem (*Pinus sylvestris* L.)  
after break-down of reactor at Czarnobyl

**Abstract.** Wood, produced by cambium, is a source of information that takes place in environment. The present investigation attempts to obtain information concerning structure of the wood of Scots pine trees subjected to acute and chronic irradiation after the Czarnobyl accident. Wood samples for investigation were taken at breast height (1.3 m) from 12, 30 and 42-year-old pines trees (*Pinus sylvestris* L.) growing 5 km south from the Czarnobyl power station in October, 1997. Contamination at the site and time when wood samples were collected was  $10 \text{ Ci/km}^2$ .

**Key words:** cambium, Czarnobyl accident, ionising radiation, pine tree, xylem

### Wstęp

**K**ambium jako tkanka merystematyczna, a więc której komórki są zdolne do podziałów, wydaje się być wrażliwa na wpływ promieniowania jonizującego. W literaturze mało jest jednak danych dotyczących funkcjonowania kambium w środowisku skażonym promieniowaniem jonizującym. Wiadomo jednak, że długotrwała ekspozycja drzew z gatunku *Pinus rigida* dawką około 3 rentgenów w ciągu dnia doprowadziła do zahamowania odkładania komórek drewna na każdym poziomie pnia napromieniowanych drzew, przy czym największe zahamowanie było obserwowane przy podstawie (Woodwell, Miller, 1963; Sparrow i wsp., 1965). Autorzy sugerują, że w trakcie tego typu stresu komórki kambium mogą dzielić się wyłącznie na stronę łyka. Potwierdzenie wspomnianych wyników uzyskał Cordero (1982) w pracy nad *Lupinus albus* napromieniowanych dawką 25  $\text{rads/h}$ . Zaobserwował, że wraz ze wzrostem dawki wzrasta liczba komórek łyka zaś komórek drewna maleje. Według tego autora oznacza to, że podziały komórek kambium i różnicowanie łyka może odbywać się bez odkładania komórek drewna.

Nieco odmienne wyniki uzyskali Chandorkar i Dengler (1987), którzy zaobserwowali, iż ekspozycja siewek *Pinus sylvestris* dawką około 10,15  $\text{mR/h}$  stymulowała aktywność mitotyczną komórek kambium, co wyrażało się wzrostem zarówno liczby komórek łyka

jak i drewna w porównaniu z siewkami kontrolnymi. Wyniki ich eksperymentu wykazały również, że ekspozycja siewek sosny tą dawką doprowadziła do redukcji wzrostu elongacyjnego pnia o 20%. Ghouse i wsp. (1981) poddali z kolei ekspozycji dawką 25 000-1 000 000 radów nasiona *Linum usitatissimum* i stwierdzili, że siewki rozwijające się z tych nasion miały krótsze włókna zaś naczynia miały cieńszą i silniej z lignifikowaną ścianę komórkową. Zaobserwowali, że pod wpływem promieniowania zwiększyła się wysokość i rzędowość promieni drzewnych.

Badania Hamiltona (1963), Clarka i Hamiltona (1968), Hamiltona i Chessera (1969) nad gatunkami iglastymi i liściastymi (*Pinus radiata*, *Pinus echinata*, *Liquidambar styraciflua* i *Quercus alba*) wykazały, że promieniowanie jonizujące wpływa na strukturę drewna. Autorzy Ci obserwowali redukcję grubości ściany komórkowej, średnicy i długości komórek drewna. W przyrostach rocznych drewna, odłożonych w trakcie trwania eksperymentów, wskazali na pojawianie się obszarów wewnątrz słoju rocznych, w których elementy drewna były zmienione. Mianowicie, na przekrojach poprzecznych cewki charakteryzowały się okrągłymi kształtami, miały cieńszą ścianę komórkową, były krótsze, a ich średnica była mniejsza w porównaniu z kontrolą. Charakterystyczną cechą było również pojawianie się wewnątrz słoju przyrostów rzekomych. Wszystkie obserwowane zaburzenia w budowie drewna zanikały wraz ze spadkiem wielkości dawki, co zdaniem autorów oznacza, że promieniowanie jonizujące nie wpływa na powstanie trwałych zmian cytologicznych w drewnie napromieniowanych drzew.

Celem niniejszych badań było określenie zmian w anatomii drewna sosny rosnącej na obszarze skażonym promieniowaniem jonizującym, uwolnionym po awarii reaktora w Czarnobylu.

## Material i metody

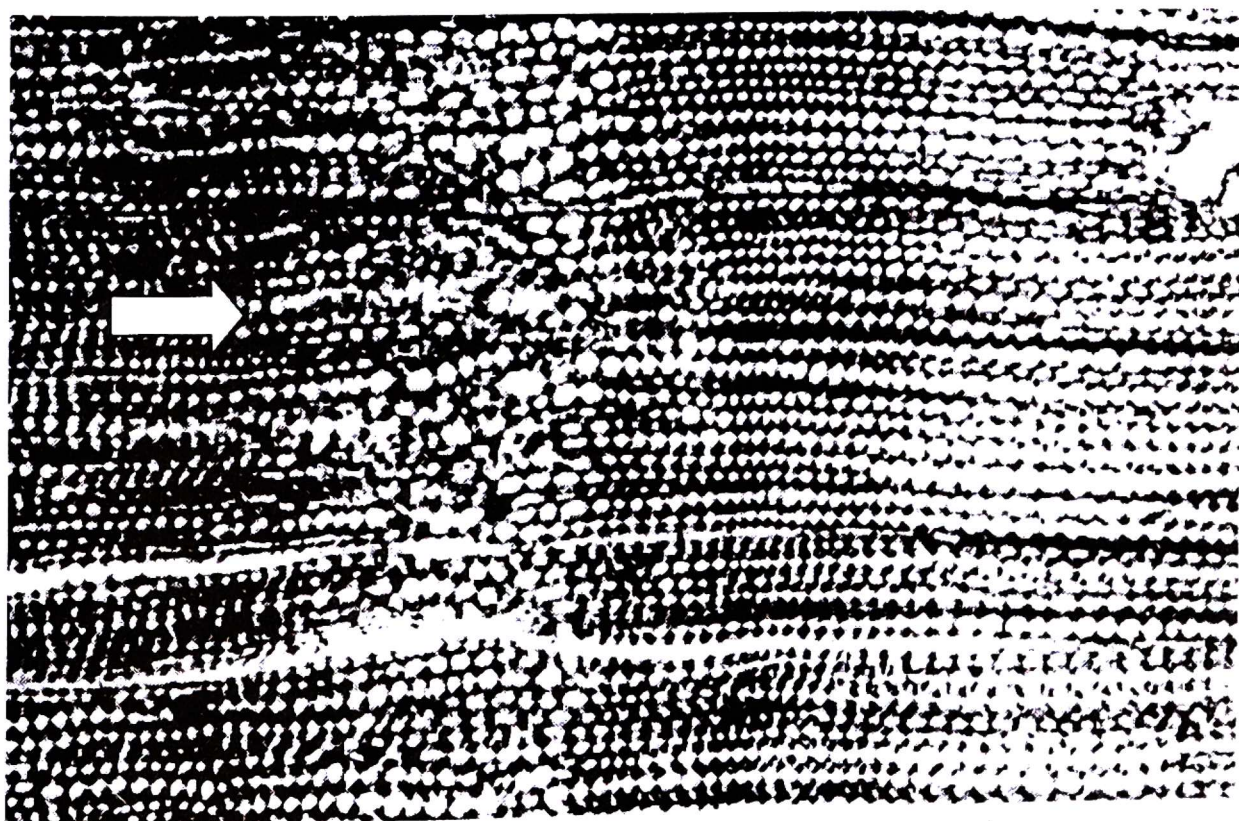
Próbki drewna w postaci krążków oraz fragmenty kambium, łyka i drewna pobrano z pnia głównego trzech drzew sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.), z wysokości pierśnicy. Sosny rosły w lesie oddalonym o około 5 km w kierunku południowym od reaktora w Czarnobylu. Wiek sosen, liczony na podstawie przyrostów rocznych (na wysokości pierśnicy) wynosił 12, 30 i 42 lata. Drzewa te dalej nazywane będą odpowiednio sosnami 12, 30- i 42-letnimi. Sosny 30- i 42-letnie miały pokrój typowy, raczej dobrze uformowanej strzały z koroną umieszczoną wysoko. Sosna 12-letnia była nieco oddalona od pozostałych sosen i rosła w bliskim sąsiedztwie anten radiolokacyjnych. U podstawy jej gałęzie miały nekrotyczne igły. Próbki drewna pobrano wczesną jesienią 1997 roku, a skażenie promieniotwórcze terenu wynosiło wówczas około  $10 \text{ Ci/km}^2$ .

Z krążków drewna wycięto bloczki obejmujące przyrosty roczne odłożone przed i po awarii, które następnie gotowano w mieszaninie wody, gliceryny i alkoholu celem zmiękczenia drewna i jego częściowego odpowietrzenia. Przekroje poprzeczne i podłużne o grubości 40  $\mu\text{m}$  krojono na mikrotomie saneczkowym. Następnie skrawki drewna przylepiano lepikiem Haupta na szkiełka podstawowe. Część skrawków dodatkowo barwiono floroglucyną i HCl w celu detekcji ligniny. Tak przygotowane preparaty zamykano w glicerożelu i obserwowano w mikroskopie świetlnym.

Małe próbki drewna gotowano również w mieszaninie nadtlenu wodoru i kwasu octowego (1:1v/v) w łaźni wodnej. Po osiągnięciu optymalnego stopnia maceracji materiał płukano w wodzie wodociągowej, następnie przenoszono do kropli wody na szkiełka przedmiotowe i rozdrabniano. Obserwowano w wodnym roztworze gliceryny w mikroskopie świetlnym.

## Wyniki

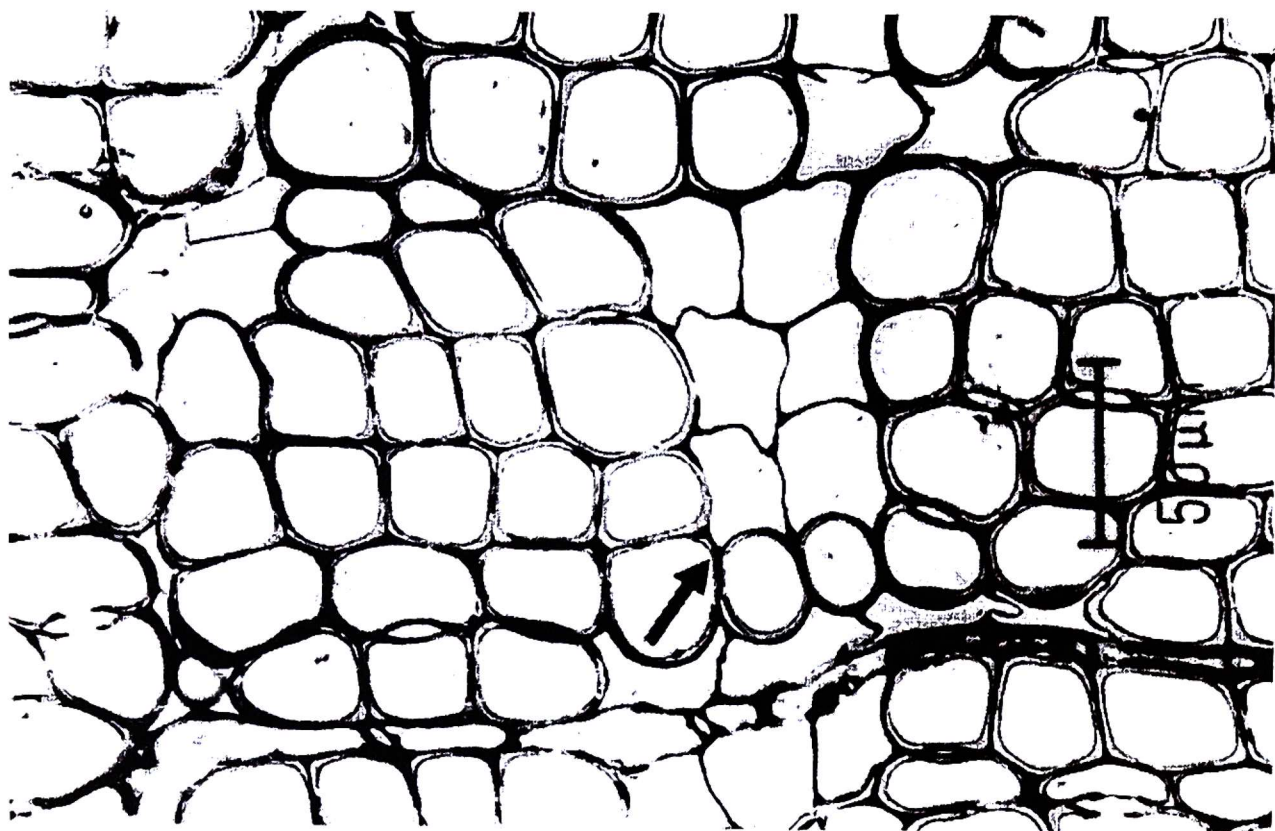
W drewnie odłożonym przez komórki kambium po awarii reaktora w Czarnobylu, obserwuje się występowanie, pomiędzy regularnym, promieniowym układem cewek, obszarów o zaburzonej strukturze drewna. Są to obszary, w których cewki nie tworzą regularnych rzędów promieniowych, a kształt i wielkość cewek jak i komórek promieni jest silnie zmieniony (ryc. 1). W dalszej części pracy obszary drewna o zaburzonej strukturze będą określane jako nienormalne drewno.



RYC. 1. Przekrój poprzeczny przez drewno sosny 12-letniej odłożone rok po awarii reaktora w Czarnobylu. Pomiędzy regularnym układem cewek w rzędach promieniowych, widoczne nienormalne drewno zaznaczone strzałką

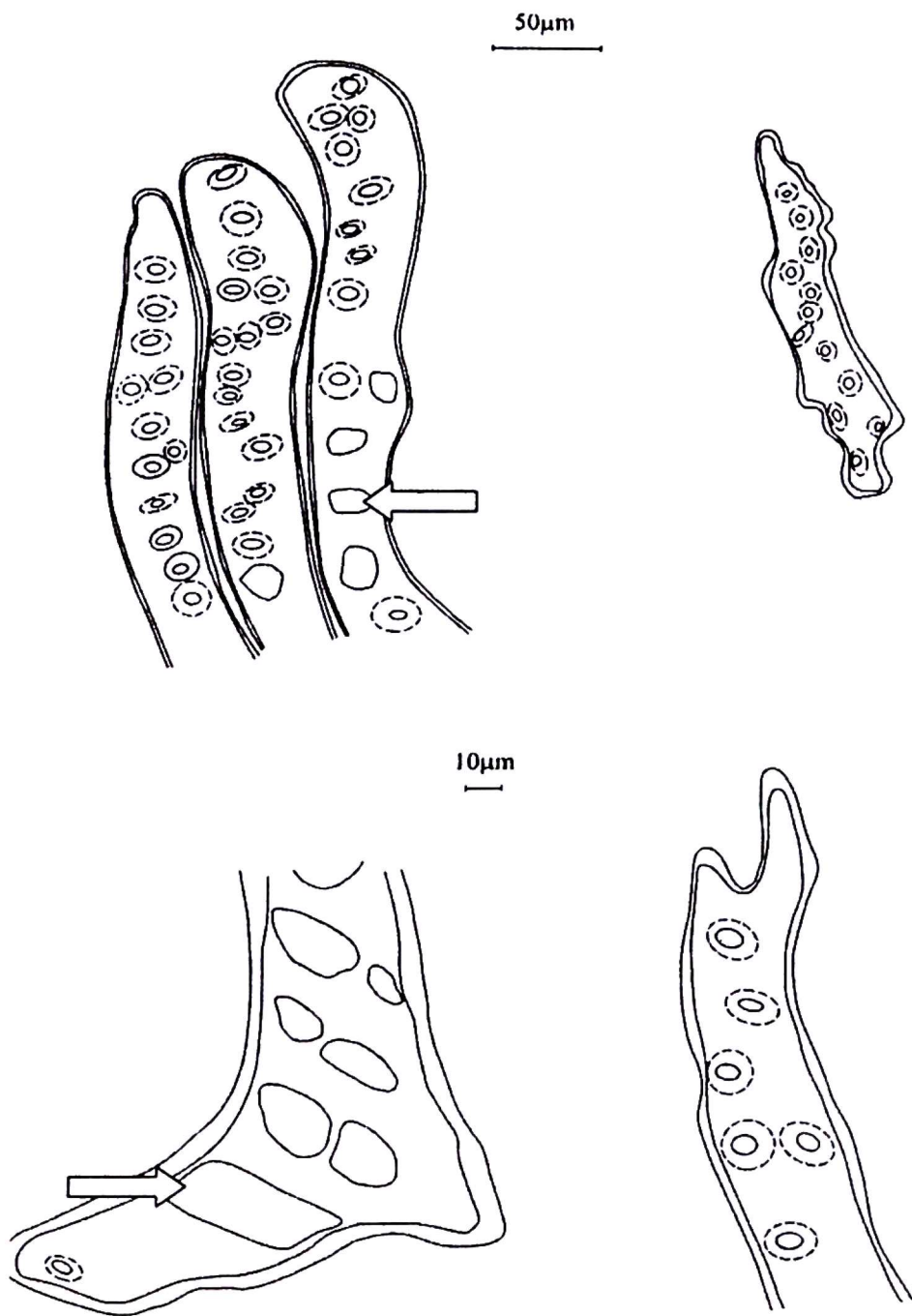
FIG. 1. Transverse section of 12-year-old Scots pine tree wood formed one year after the Chernobyl accident. Arrow indicates the abnormal wood that is visible between the regions of normal wood with regular, radial files of tracheids

W skład nienormalnego drewna oprócz zmienionych cewek i komórek promieni wchodzi cienkościenne komórki o charakterze parenchymatycznym (ryc. 2). Nienormalne drewno, bez barwienia obserwowane makroskopowo, ma kolor brunatnoczerwony, który świadczy o dużej zawartości ligniny. Jest ono rozmieszczone losowo i występuje na całym obwodzie



RYC. 2. Przekrój poprzeczny przez drewno sosny 12-letniej. Pomiedzy cewkami widoczne grupy cienkościennych komórek o charakterze parenchymatycznym, co zaznaczono strzałką  
 FIG. 2. Transverse section of 12-year-old Scots pine tree wood. The groups of parenchymatic cells, between the tracheids, are visible (arrow)

pni badanych sosen, zarówno w drewnie wczesnym jak i późnym. Wielkość nienormalnego drewna, w obrębie przyrostów rocznych, jest zróżnicowana: od małych obszarów obejmujących kilka komórek, do bardzo dużych, stanowiących znaczną część słoja rocznego. W obrębie nienormalnego drewna cewki są silnie zmienione, mają różne kształty. Na przekrojach poprzecznych są owalne, okrągłe, czasami prawie izodiametryczne. Średnica cewek drewna wczesnego i późnego w obszarach drewna nienormalnego jest kilkukrotnie większa od cewek, które tworzą regularny układ promieniowy. Analiza maceratów nienormalnego drewna wykazała, że silnie zniekształcone są również i końce cewek, które czasami są rozdwojone, wydłużone oraz spłaszczone (ryc. 3). Cewki nienormalnego drewna posiadają w swych ścianach jamki lejkwate: cewki drewna wczesnego na ścianach promieniowych, drewna późnego i na ścianach stycznych, jednakże sposób jamkowania jest nieregularny. Oprócz jednorzędowego układu jamek, typowego dla drewna sosny, obserwuje się i dwurzędowy lub układ pozbawiony jakiegokolwiek regularności. W ścianach zmacerowanych cewek zaobserwowano ponadto występowanie struktur nie będących ani jamkami lejkwatymi ani okienkowymi (ryc. 3). Komórki mięksiszowe promieni w obrębie nienormalnego drewna ulegają silnemu zniekształceniu i tracą swój wydłużony kształt. Stają się one często niemal izodiametryczne, osiągają duże wymiary. Obserwuje się również, że przy "wejściu" promienia w obszar nienormalnego drewna, część jego komórek albo ulega eliminacji, albo transformacji w inne elementy drewna. W przyrostach rocznych odłożonych po awarii obserwuje się występowanie oprócz promieni jednorzędowych,



RYC. 3. Zmacerowane cewki z obszarów drewna nienormalnego o zmienionych kształtach. Widoczny nieregularny sposób jamkowania. Strzałkami zaznaczono struktury nie będące ani jamkami lejkowatymi ani okienkowymi

FIG. 3. Macerated tracheids with disturbed shape from the regions of abnormal wood. Irregular arrangements of pits are seen. The pit structure neither bordered nor window – like are marked by arrows

właściwych sośnie, również i promieni dwurzędowych. Zaobserwowano ponadto, zwłaszcza u sosny 12-letniej, że granice przyrostów rocznych drewna odłożonego po wybuchu, na przekrojach poprzecznych, dość często nie mają charakterystycznego kolistego kształtu. Tworzą się w nich liczne zagłębienia i wcięcia. Należy jednak zaznaczyć, że nie obserwuje się regularności w występowaniu takiej słoistości to znaczy, nie pojawia się ona w tych samych miejscach w kolejnych przyrostach rocznych.

## Dyskusja

W drewnie odłożonym po awarii w Czarnobylu zaobserwowano występowanie nienormalnego drewna. Nienormalne drewno scharakteryzowano jako obszary, gdzie układ komórek drewna był silnie zaburzonym, a szczególnie cewki nie tworzyły regularnych rzędów promieniowych. Nasuwa się pytanie, czy pojawianie się takiego nienormalnego drewna w przyrostach rocznych odłożonych po awarii w Czarnobylu jest wynikiem reakcji kambium tylko na ten czynnik, czy też jest powszechną reakcją kambium na wszelkiego rodzaju stresy?

### Promieniowanie jonizujące a budowa drewna

Na występowanie obszarów o zaburzonej strukturze, podobnych do tych, które obserwowano w drewnie sosen z Czarnobyla wskazali Hamilton (1963), Clark, Hamilton (1968), Hamilton i Chesser (1969). Hamilton obserwował pojawienie się obszarów z nieregularnym układem komórek w napromieniowanym drewnie *Pinus echinata* i *Pinus rigida*. W obszarach tych zarówno średnica jak i grubość ściany komórkowej oraz długość cewek uległy redukcji. W przypadku napromieniowanego drewna *Quercus alba* zmiany dotyczyły grubości ściany komórkowej włókien i wielkości naczyń (Hamilton, Chesser, 1969). Nienormalne komórki drewna zaobserwowano także w przyrostach rocznych w drewnie sosen rosnących na obszarach skażonych na skutek awarii czarnobylskiej (Kozubov, Taskajev, 1994; Skuterud i wsp. 1994). Autorzy wskazują na wzrost udziału drewna późnego w obrębie przyrostów rocznych odłożonych po awarii, pojawianie się przyrostów rzekomych oraz traumatycznych przewodów żywicznych. Schmitt i wsp. (2000), którzy badali drewno sosny rosnącej kilometr od elektrowni wskazali na redukcję szerokości przyrostów rocznych odłożonych rok po awarii (1987) i w dwóch kolejnych oraz anomalie w budowie drewna. Anomalie dotyczyły głównie układu cewek w rzędach promieniowych, przejawiające się licznymi rozdwojeniami rzędów, i obecności cewek o mniejszej średnicy, które występowały w sąsiedztwie tych o rozmiarach normalnych. Schmitt i współpracownicy wnioskują, że rozdwojenie rzędów promieniowych cewek jest wynikiem częstych podziałów antyklinalnych w komórkach macierzystych drewna, a u podstaw redukcji szerokości przyrostów rocznych leży masowe gubienie igieł, jakie miało miejsce po awarii 1986 roku. Autorzy, którzy obserwowali pojawienie się nienormalnych komórek w drewnie napromieniowanych drzew, w wyniku sztucznie wykonanego eksperymentu, tłumaczą ich powstanie również zaburzeniami procesu różnicowania komórek macierzystych drewna, wskazując na zakłócenia syntezy i transportu auksyny na skutek inhibicji radiowrażliwego systemu enzymatycznego konwertującego tryptofan w IAA oraz z dostępnością węglowodanów (Chandorkar, Dengler, 1987). Wprawdzie nadrzędną i specyficzną rolę w procesie różnicowania elementów trachealnych odgrywa auksyna, ale wpływ jej może być modyfikowany przez inne czynniki (Aloni, 1987). Do czynników tych należą regulatory wzrostu, takie jak: gibereliny, cytokininy, etylen, kwas abscysynowy (Wodzicki, Wodzicki, 1980). Na przykład etylen prawdopodobnie kontroluje proces lignifikacji ściany komórkowej różnicujących się komórek, a kwas abscysynowy jej grubość. Nie wydaje się zatem słuszne tłumaczenie faktu obecności nienormalnego drewna w napromieniowanych drzewach wyłącznie na podstawie auksyny i dostępności węglowodanów. Wiadomo, że istotną rolę w procesie różnicowania komórek drewna odgrywają również naprężenia tkankowe (Hejnowicz, 1980). Autor ten podaje, że istnieją dwa źródła sił generujących naprężenia w

kambium, a mianowicie ciśnienie turgorowe wewnątrz komórek oraz wzrost różnicujących się komórek i tkanek, czemu towarzyszą ograniczenia narzucone przez nierosnące warstwy. To ostatecznie źródło naprężeń jest wynikiem wzrostu różnicującego się drewna w kierunku promieniowym i ograniczeń narzuconych przez korę. W kambium występują zatem naprężenia rozciągające, wywołane turgorem i naprężenia ściskające. Obecność naprężeń w kambium można zilustrować budową drewna *Fraxinus excelsior*. Naczynia drewna u jesionu, podobnie jak u innych drzew pierścieniowo-naczyniowych mają bardzo dużą średnicę. Zwykło się zatem uważać, że taki człon naczynia w trakcie rozwoju musi naciskać na sąsiednie komórki zdobywając w ten sposób miejsce. Ponieważ badania Hejnowicza (1980) wykazały, że w okresie wiosennego wznawiania aktywności podziałowej w kambium istnieją naprężenia rozciągające w kierunku promieniowym, w związku z czym rozwijający się człon naczynia nie musi "rozpychać się", ale zajmuje wolne miejsce, "robione" przez rozciąganie. Wystarczy, że na podłużnych krawędziach sąsiadujących komórek produkuje enzym rozpuszczający blaszkę środkową i wrasta sposobem intruzywnym między te komórki. Te naprężenia rozciągające są prawdopodobnie skutkiem zaniku turgoru w komórkach łyka wtórnego wytworzonego w poprzednim roku. Wydaje się zatem, że w przypadku sosen z Czarnobyli mogło dojść do lokalnych zmian w rozkładzie naprężeń wywołanych zaburzeniami w procesie różnicowania komórek drewna po awarii reaktora, i to mogła mieć wpływ na występowanie nienormalnego drewna.

### **Inne (niż promieniowanie jonizujące) czynniki środowiska a budowa drewna**

Na zmiany w budowie drewna przejawiające się proliferacją komórek promieni i obecnością komórek miękkiszowych, grupujących się w tkanę o charakterze kallusowym, mogą mieć wpływ czynniki środowiska naturalnego takie jak: mróz (Glerum i Farrar, 1966), susza (Yamanaka, 1985) czy powódź (Yamamoto i wsp., 1987). Również w obrębie pęknięć wewnętrznych napotyka się na komórki drewna nienormalnego (Kubler, 1983; Cherubini i wsp., 1997). Często u drzew rosnących w obszarach zagrożenia ekologicznego obserwuje się zmiany niektórych elementów budowy drewna (Spława-Neyman, 1994; Staniszewski i Paschalis, 1994). Obszary nienormalnego drewna zaobserwowała także Niewęgłowska – Guzik (1995) w drewnie gałęzi sosen rosnących w okolicy kopalni siarki obok Tarnobrzega. Autorka nazwała je obszarami silnie zmienionego drewna (OSZD). Wydaje się istnieć kilka podobieństw w strukturze pomiędzy nienormalnym drewnem sosen z Czarnobyli a OSZD. Mianowicie w skład ich wchodzi zmienione cewki, których średnica jest kilkakrotnie większa od cewek drewna normalnego, zmienione komórki promieni i komórki o charakterze parenchymatycznym, które w przypadku drewna z Czarnobyli mają zliignifikowaną ścianę komórkową. Niewęgłowska – Guzik podaje, że ściany komórkowe elementów drewna w OSZD składają się głównie z komponentów celulozowo-pektynowych, natomiast komórki nienormalnego drewna sosen z Czarnobyli mają zliignifikowane ściany komórkowe. Elementy celulozowo-pektynowe obecne są głównie w komórkach miękkiszowych promieni i przewodów żywicznych, jak również w blaszkach środkowych oraz przestrzeniach międzykomórkowych. Autorka sugeruje, że występowanie OSZD może być wynikiem zakłóceń w trakcie rozwoju komórek macierzystych drewna bądź nieprawidłowej działalności kambium.

Z danych literaturowych wynika zatem, że pojawienie się nienormalnego drewna jest reakcją komórek kambialnych na działanie różnego rodzaju stresów, a jego występowanie

należy tłumaczyć wrażliwością tego merystemu na czynnik stresowy, którego natężenie przekroczyło granice tolerancji komórek kambium. Oznacza to, że stabilność kambium w warunkach powstałych po awarii w Czarnobylu została obniżona, o czym świadczą obserwowane zmiany w budowie słoju rocznych.

*Pragnę podziękować:*  
*Panu Prof. W. Włochowi z Uniwersytetu Śląskiego za cenne uwagi i udział w wyjeździe do stref wokół elektrowni w Czarnobylu;*  
*Panu Prof. Hejnowiczowi z Uniwersytetu Śląskiego za dyskusje oraz pracownikom firmy Korserwis wraz z Generałem Mielnikowem za udział w zorganizowaniu wyjazdu do stref wokół elektrowni w Czarnobylu i udostępnienie materiałów oraz informacji dotyczących skutków awarii.*

## Literatura

1. Aloni R.: Differentiation of vascular tissues. 1987. Ann. Rev. Plant Physiol. 38: 179-204.
2. Chandorkar K.R., Dengler N.G. 1987: Effect of low level continuous gamma irradiation on vascular cambium activity in Scotch pine (*Pinus sylvestris* L.). Environ. Exp. Bot. 27: 165-175.
3. Cherubini P., Schweingruber F.H., Forster T. 1997: Morphology and ecological significance of intra-annual radial cracks in living conifer. Trees 11: 216-222
4. Clark A., Hamilton J.R. 1968: Effects of ionizing irradiation on xylem derivatives of *Pinus echinata* Mill. W Va Univ. Agr. Exp. Stn. Bull. 567T: 16.
5. Cordero R.E. 1982: The effects of acute and chronic gamma irradiation of *Lupinus albus* L. – III. Chronic effects. Environ. Exp. Bot. 22: 359-372.
6. Ghose A.K.M., Abidi S.H., Khan S., Khan A.H. 1981: The cambial activity of *Linum usitatissimum* var. T397 as influenced by gamma rays. In: Verma S.C. (ed) Contemporary trends in plant science. Kalyani, New Delhi, 263-266.
7. Glerum C., Farrar J.L. 1966: Frost ring formation in the stems of some coniferous species. Can. J Bot. 44: 879-886.
8. Hamilton J.R. 1963: Characteristics of tracheids produced in gamma and gamma-neutron environment. For. Prod. J. 13: 62-67.
9. Hamilton J.R., Cheeser A.H. 1969: Effects of acute ionizing radiation on the xylem fibers of *Quercus alba* and *Liquidambar styracifluta*. Rad. Bot. 9: 331-339.
10. Hejnowicz Z. 1980: Tensional stress in the cambium and its developmental significance. Amer. J. Bot. 67(1): 1-5.
11. Kozubov G.M., Taskajev A.I. 1994: Radiobiology and Radioecology Investigation of Tree Plants (in the region of the Chernobyl NPS accident). Rosyjska Akademia Nauk. Sankt-Petersburg, "Nauka".



12. **Kubler H.** 1983: Mechanism of frost crack formation in trees – a review and synthesis. *For.Sci.* 29(3): 559-568.
13. **Niewęłowska-Guzik B.** 1995: Cytological and anatomical changes in pine tree xylem caused by sulphur compounds. *Acta Soc. Bot. Pol.* 64(3): 233-238.
14. **Schmitt U., Grűnwald C., Eckstein D.** 2000: Xylem structure in pine trees grown near the Chernobyl nuclear power plant/Ukraine. *IAWA J* 21(4): 379-387.
15. **Skuterud L., Goltsova N.I., Naeumann R., Sikkeland T.** 1994: Histological changes in *Pinus sylvestris* L. in the proximal – zone around the Chernobyl Power – Plant. *Sci. Environ.* 157: 387-397.
16. **Sparrow A.H., Schairer L.A., Woodwell G.M.** 1965: Tolerance of *Pinus rigida* trees to a ten-year exposure to chronic gamma radiation from cobalt-60. *Rad. Bot.* 5:7-32.
17. **Splawa-Neyman S.** 1994: Zmiany w budowie cewek drewna sosny zwyczajnej pochodzącego z drzew wyrosłych w obszarach zagrożenia ekologicznego. III Krajowe Sympozjum: "Reakcje biologiczne drzew na zanieczyszczenia przemysłowe", PAN, Instytut Dendrologii, Poznań-Kórnik, 345-348.
18. **Staniszewski P., Paschalis P.** 1994: Zmiany niektórych wskaźników własności drewna sosny pochodzącego z regionów zanieczyszczonych przemysłowo. III Krajowe Sympozjum: "Reakcje biologiczne drzew na zanieczyszczenia przemysłowe", PAN, Instytut Dendrologii, Poznań-Kórnik, 349-354.
19. **Wodzicki T.J., Wodzicki A.B.** 1980: Seasonal abscisic accumulation in stem cambial region to the hypothesis of the late-wood control system in conifers. *Physiol. Plant.* 48: 443- 447.
20. **Woodwell G.M., Miller I.N.** 1963: Chronic gamma radiation affects the distribution of radial increment in *Pinus rigida* stems. *Science* 139: 222-223.
21. **Yamamoto F., Kozłowski T.T., Wolter K.E.** 1987: Effect of flooding on growth, stem anatomy, and ethylene production of *Pinus halepensis* seedlings. *Can. J For. Res.* 17: 69-79.
22. **Yamanaka K.** 1985: Abnormal tissue in swollen stemwood of *Chamaecyparis obtusa*. *IAWA Bull.* 6: 53-60.

*Katedra Botaniki Leśnej*  
*Wydział Leśny SGGW*  
*ul. Rakowiecka 26/30, 02-528 Warszawa*  
*E-mail: tulik@delta.sggw.waw.pl*

## Summary

### Structure of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) after break-down of reactor at Czarnobyl

Cambium is susceptible to various kinds of environmental stresses. Presented results indicate that ionising radiation created after the Czarnobyl accident influenced cambial activity and differentiation of xylem mother cells.

After the fact of irradiation the arrangement of xylem cells, within annual increment, was changed; among tracheids that created regular radial files the areas of abnormal xylem occurred. The abnormal xylem contained cells not arranged in regular radial files. Such areas consisted of deformed tracheids and ray cells as well as the parenchymatic cells with lignified walls. The abnormal xylem was deposited irregularly around the stem circumference and was found both in the early and late wood. Its surface was various in shape and size.

The tracheids in the areas of abnormal xylem, on the transverse sections, were seen as more or less round, and wider in comparison to tracheids from the normal wood. Changes were also observed in the tracheid tips, which were transversally elongated, bifurcated or flattened. The structures that were neither bordered pits nor windows-like pits appeared in the cell walls of changed tracheids. Moreover, in the areas with abnormal xylem the changes in pitting occurred. Without regular, unilateral pits, that are typical for pine trees, the irregular arrangement of pits was observed.

It should be marked that occurrence of abnormal xylem has been observed not only as a result of ionising radiation. Their appearance could be connected with another environmental factors (frost, drought, flooding) or as result of SO<sub>2</sub> acts.