

Próby zastosowania matematyki w ekologii lasu;
oczekiwania, doświadczenia, sugestie

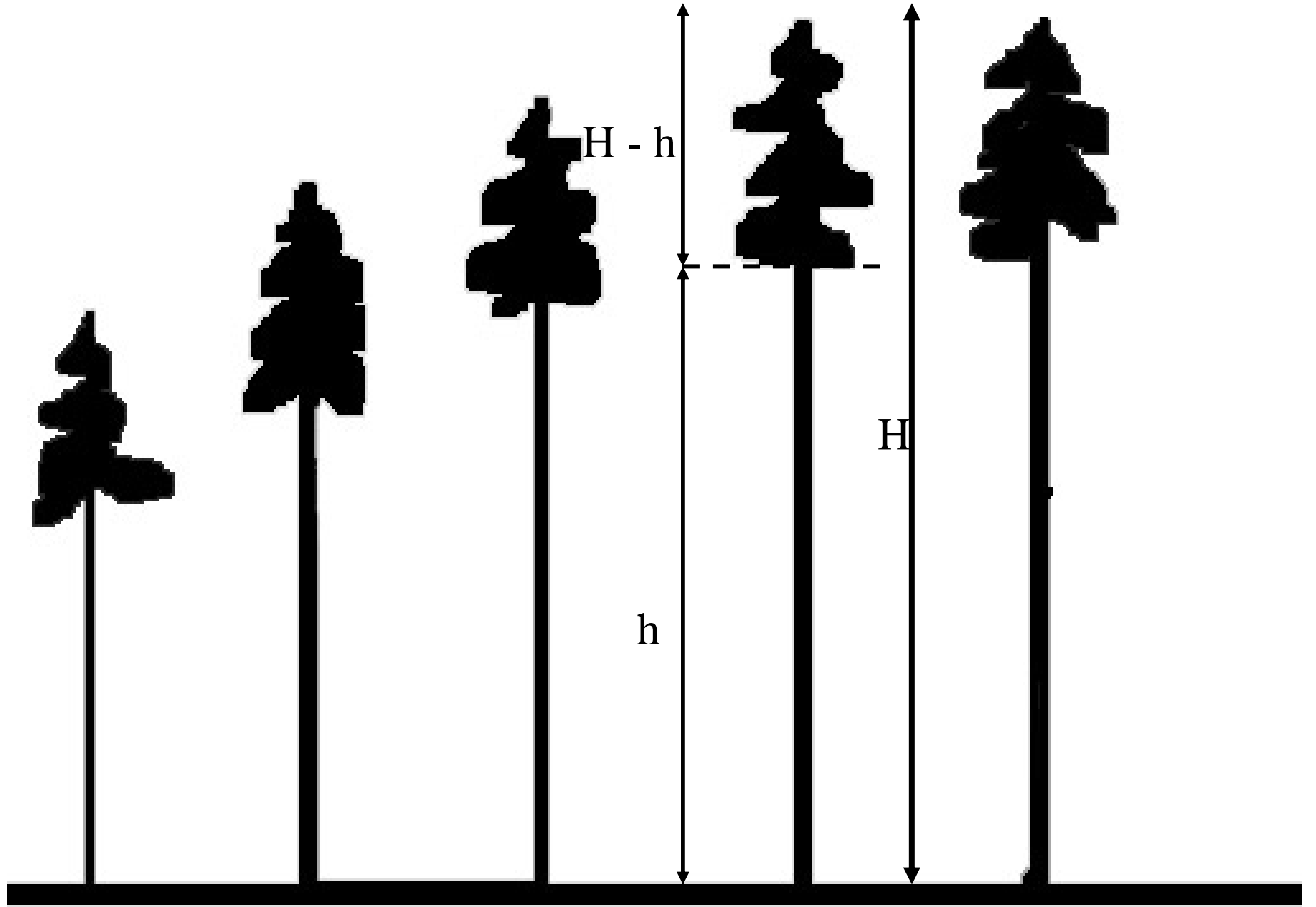
*Jerzy Szwagrzyk
Instytut Ekologii i Hodowli Lasu
Uniwersytet Rolniczy w Krakowie*

Maciej Czarnowski i jego próby matematycznego ujęcia dynamiki drzewostanów



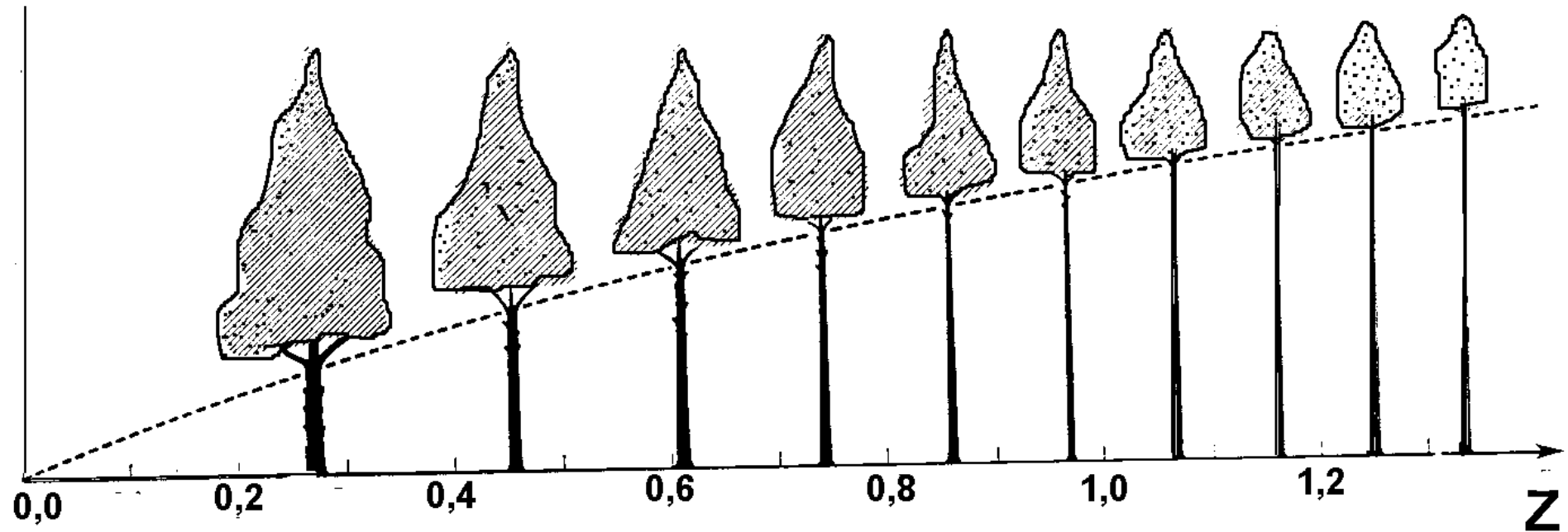
Świerk pospolity wyrosły na otwartej powierzchni
i w zwartym drzewostanie







$$H^* = (H - h)/H = 0.333z$$



Anniki Mäkelä

Anniki Mäkelä 1985

Differential games in evolutionary theory: height growth strategies in trees.

Theoretical Population Biology
27: 239-267



Harry T. Valentine

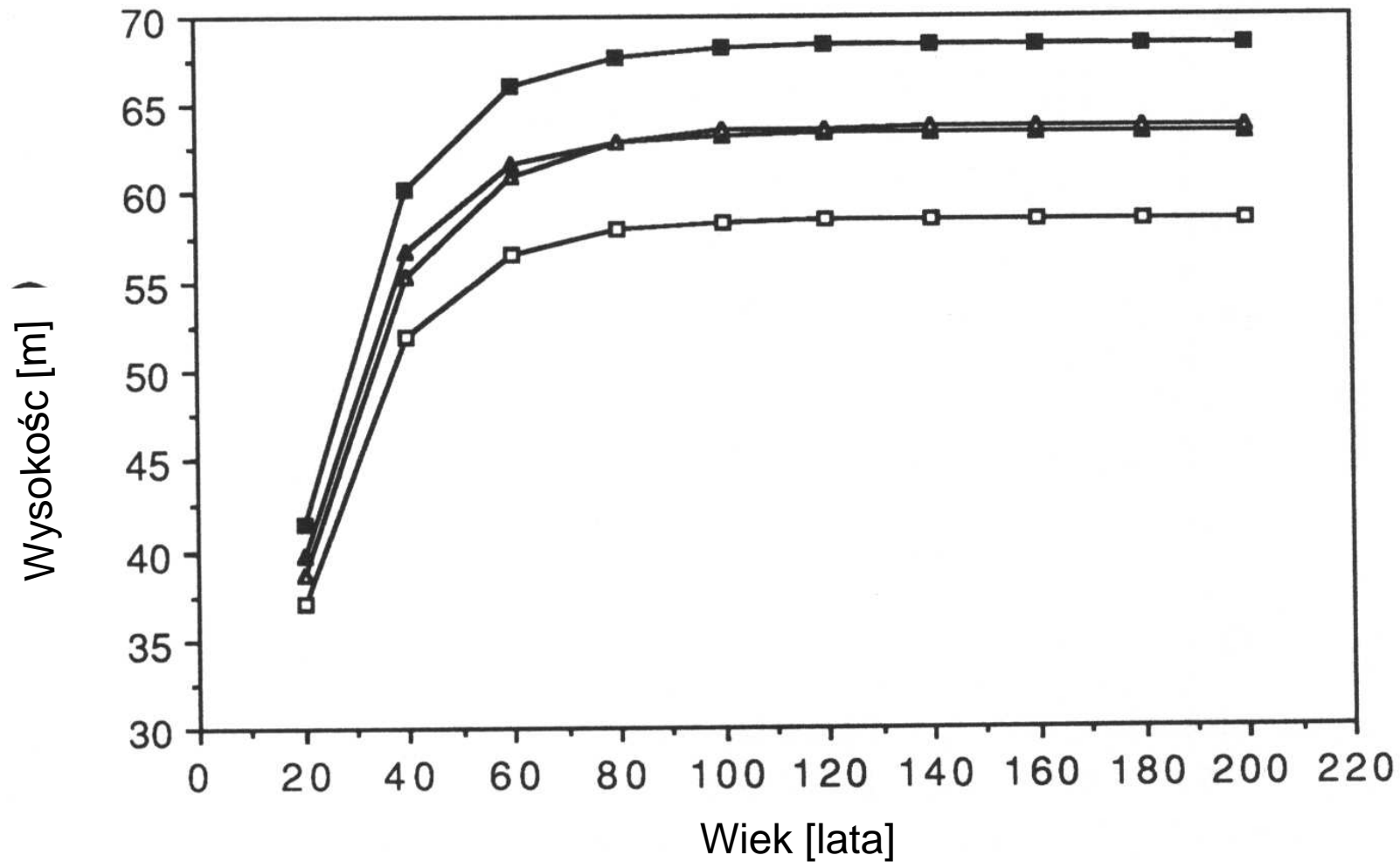
H. T. Valentine 1985

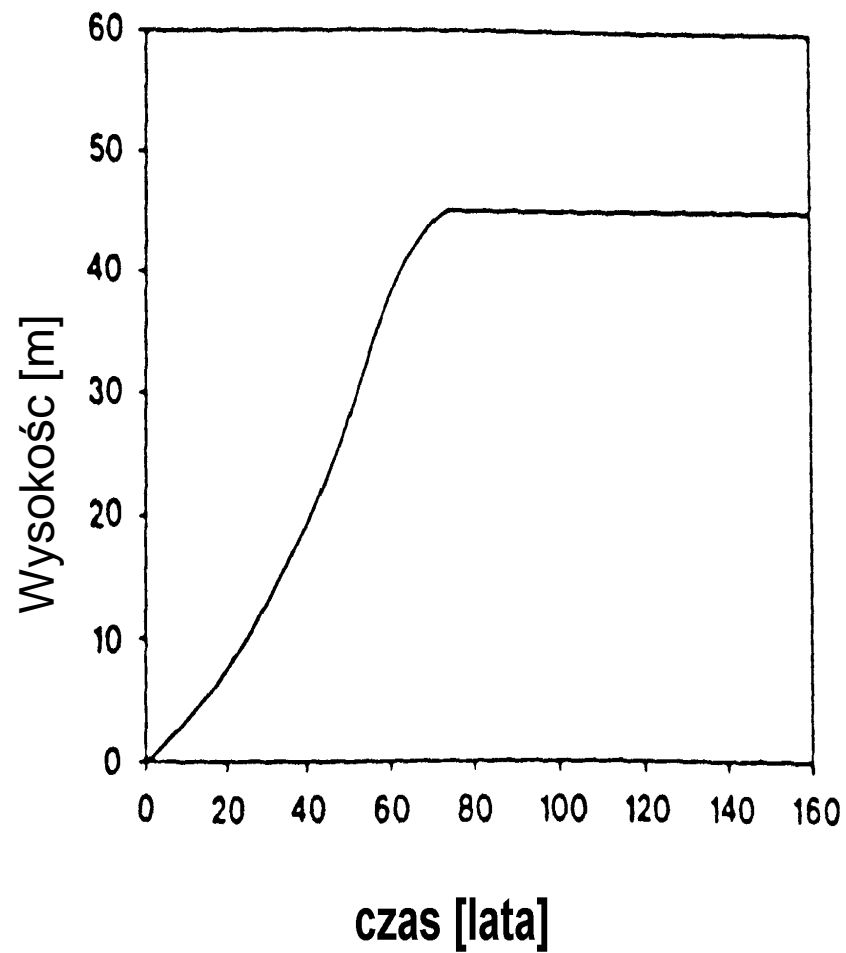
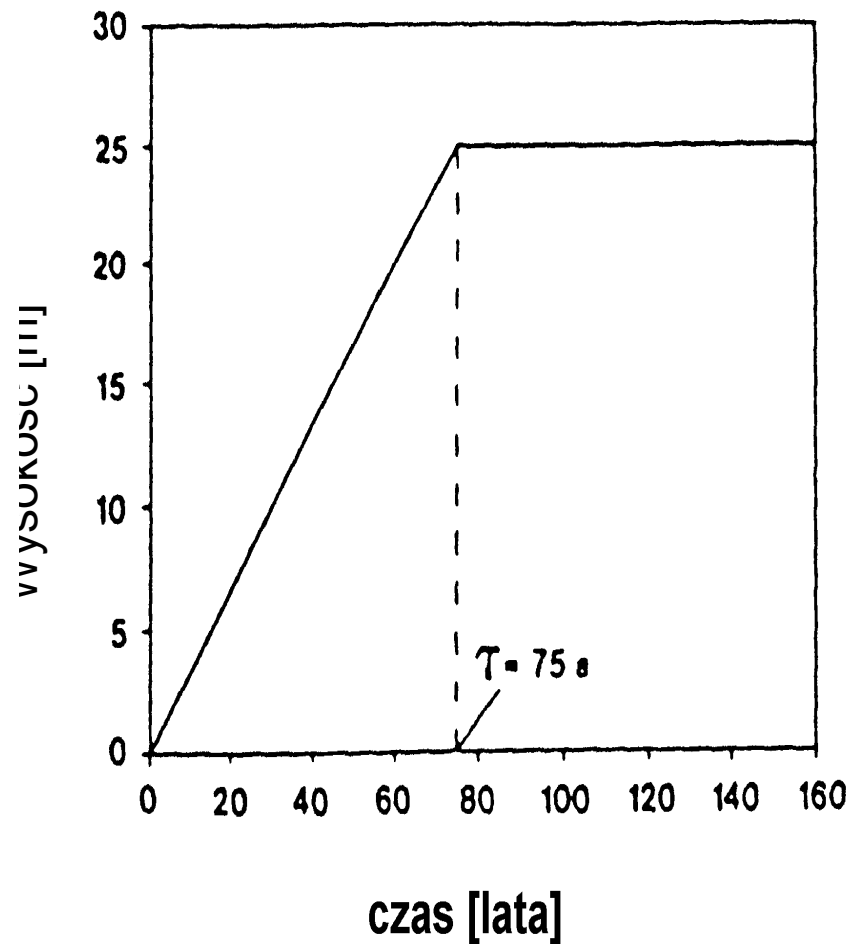
**Tree growth models: Derivations
employing the pipe-model theory.**

**Journal of Theoretical Biology
117: 570-585**



Wzrost wysokości drzew w gęstym lesie



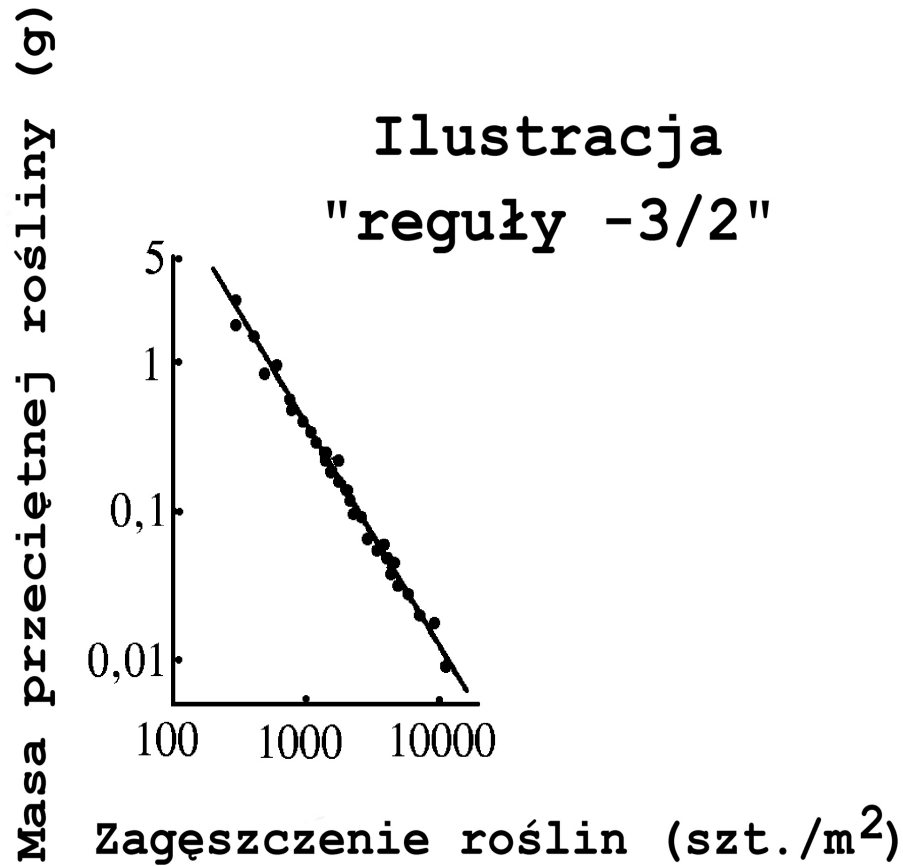


**Model wzrostu drzew w warunkach konkurencji
(A. Makela)**

- Proces samoprzerzedzania się populacji roślin jest opisywany przez tak zwaną „regułę $-3/2$ ”. Stwierdza ona, że między średnią masą osobnika (w) w populacji a zagęszczeniem populacji (czyli przypadającą na jednostkę powierzchni liczbą osobników (N)) istnieje zależność przedstawiona równaniem:

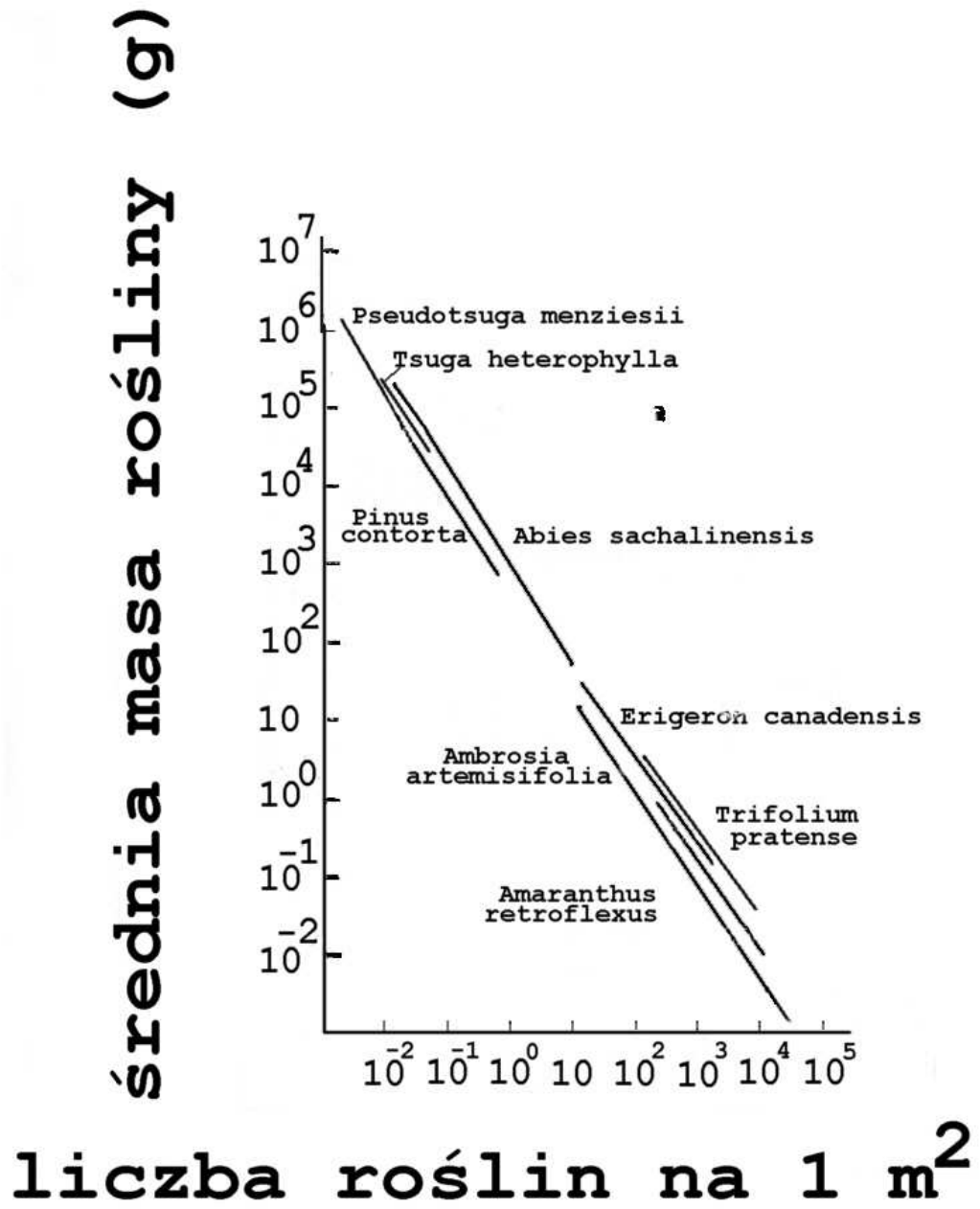
- $w = k N^{-3/2}$,

- gdzie k jest współczynnikiem

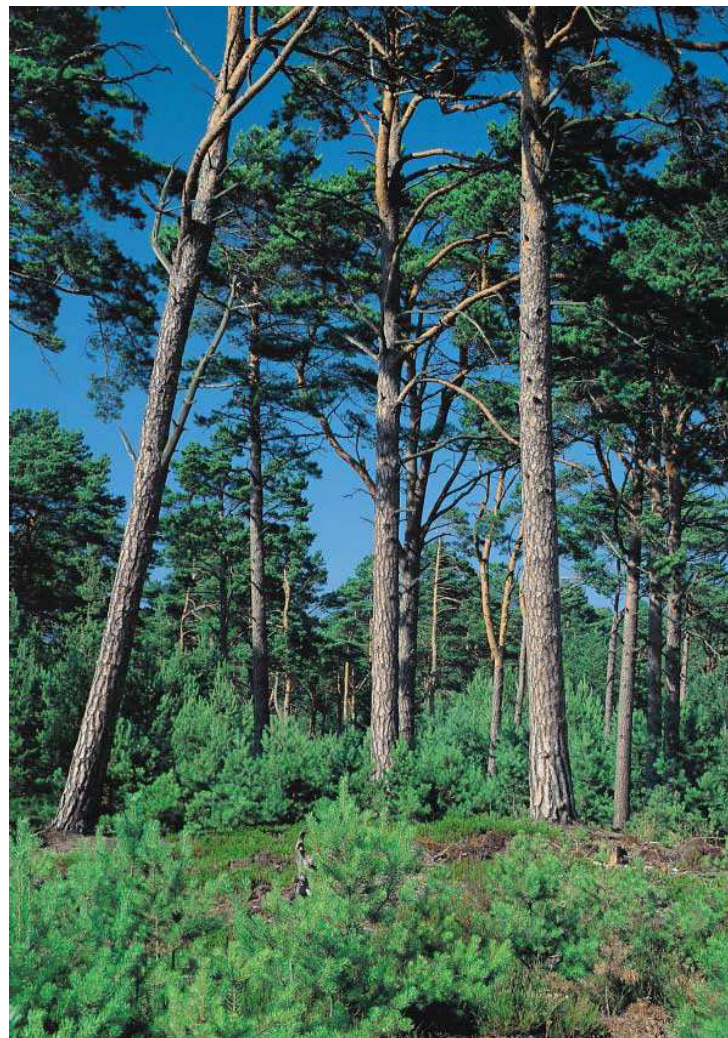


Rycina przedstawia zależność między zagęszczeniem przeżywających roślin a masą przeciętnej rośliny.

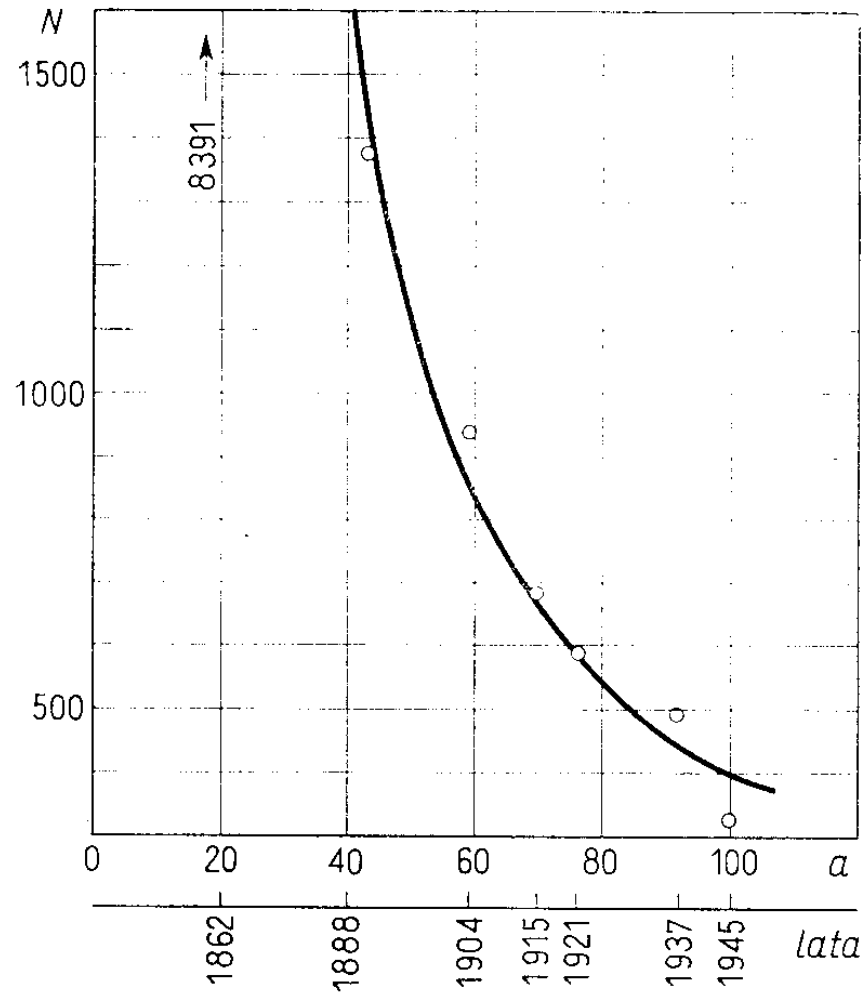
Populacja przesuwa się od prawej dolnej strony wykresu ku stronie lewej górnej.



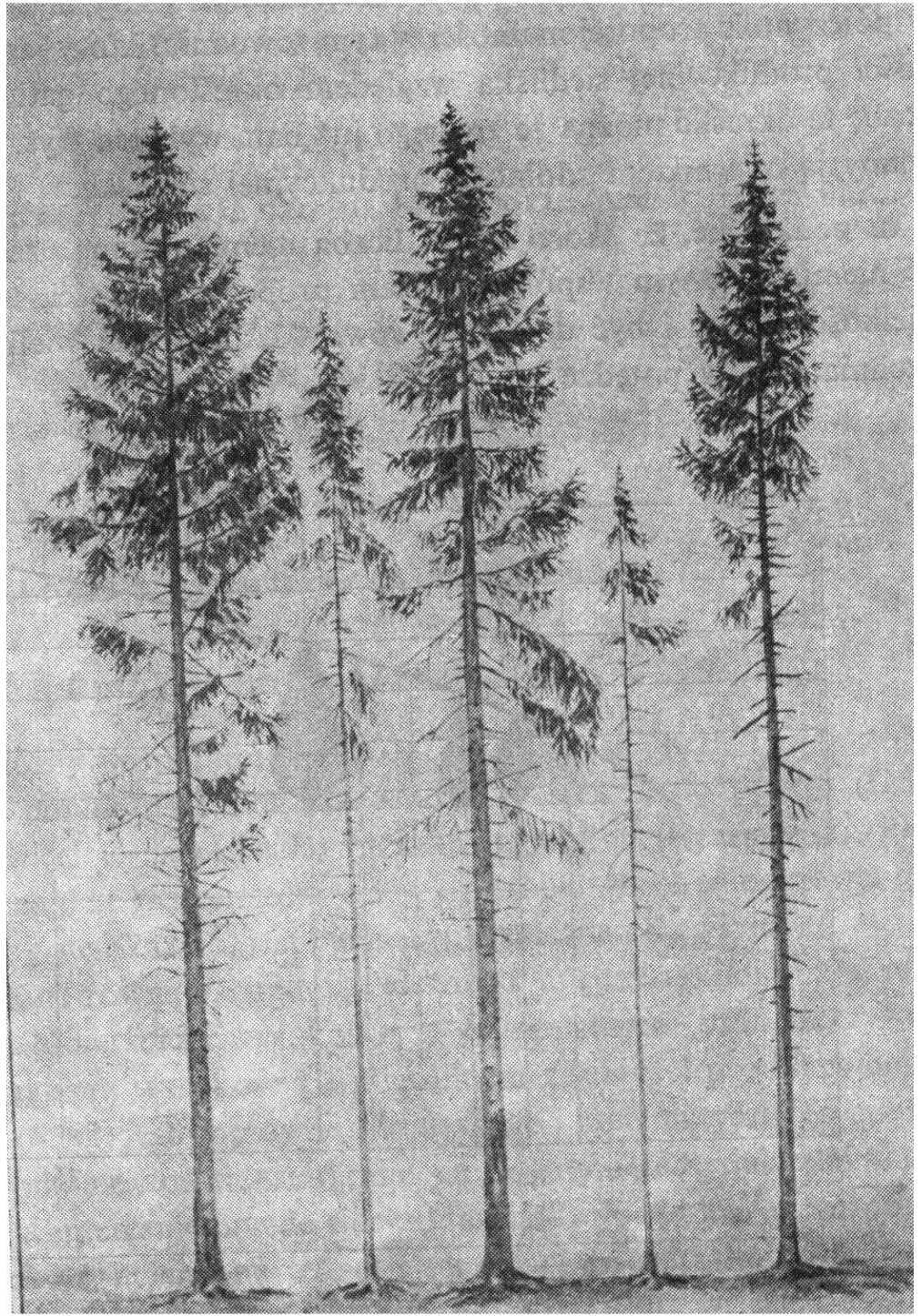
Sosna zwyczajna (*Pinus sylvestris*)



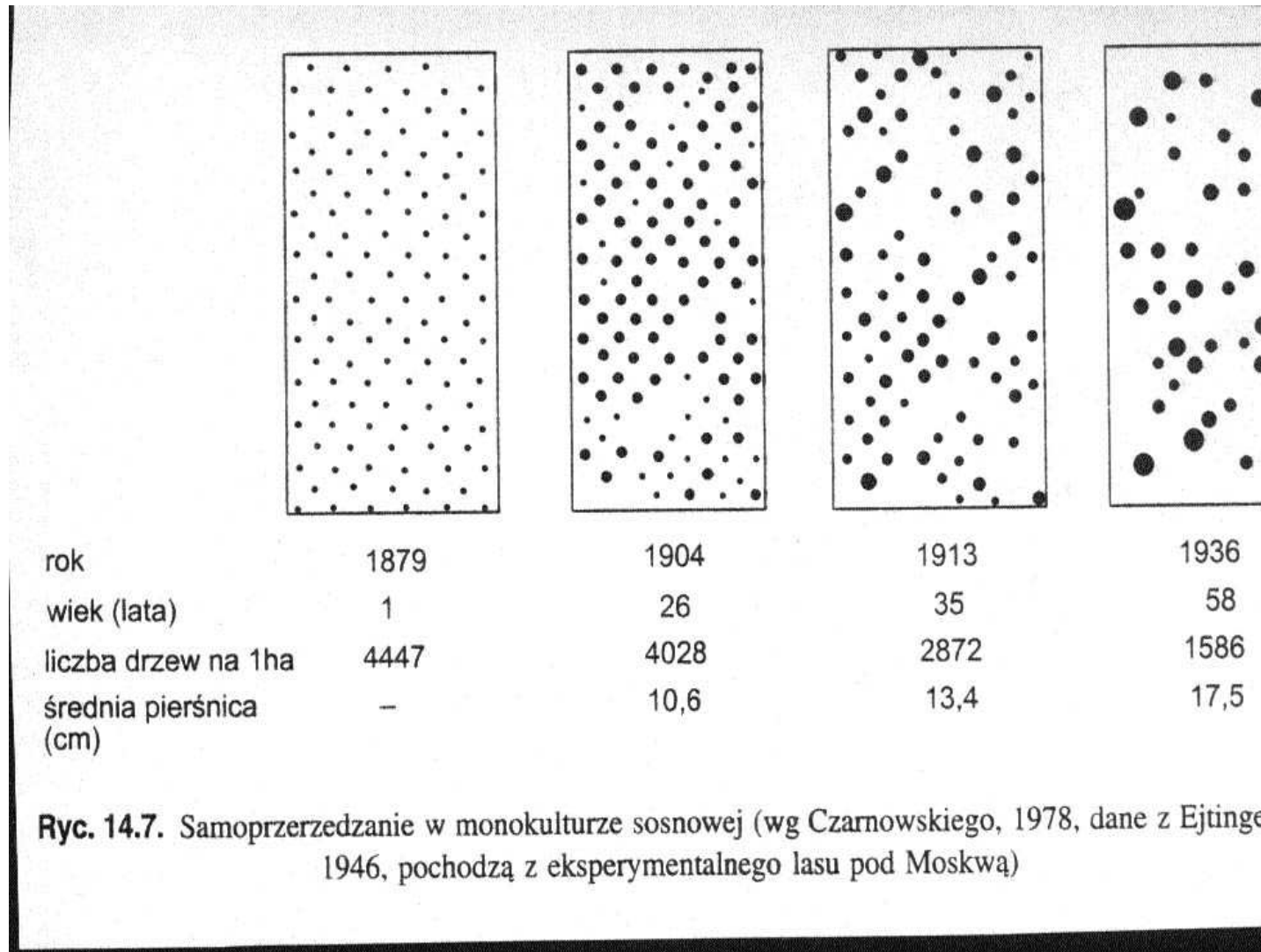
$$\frac{dN}{dH} = -2 \cdot P \cdot \dot{N} \frac{1}{H^3} \quad (6.3.7)$$



Rys. 6.3.7. Liczba drzew na 1 ha jako funkcja wieku w doświadczeniu Timirja-zewskiej Akademii Rolniczej pod Moskwą (dane według G. R. Ęjtingena, 1949)



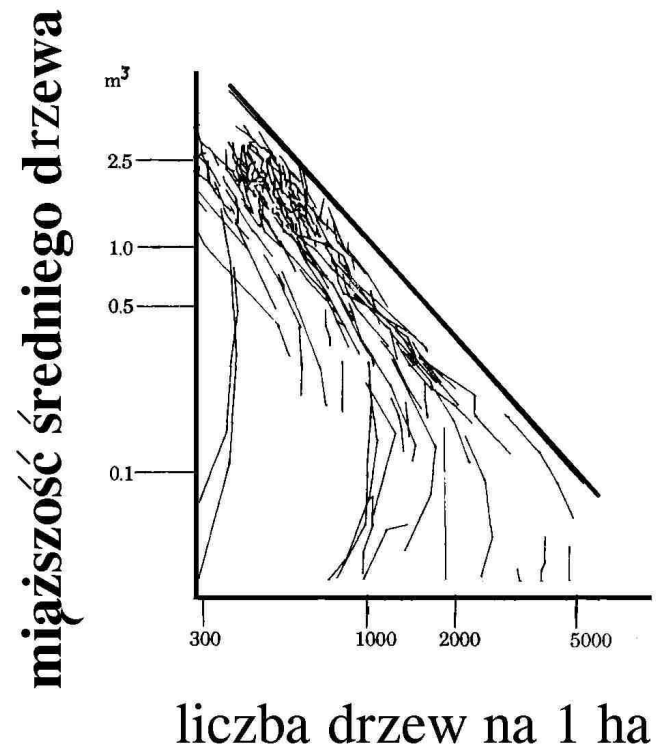
Samo-przerzedzanie się populacji roślin („self-thinning”)



Boris Zeide



Czy drzewa w lesie rzeczywiście
stosują się do „reguły $-3/2$ ” ?

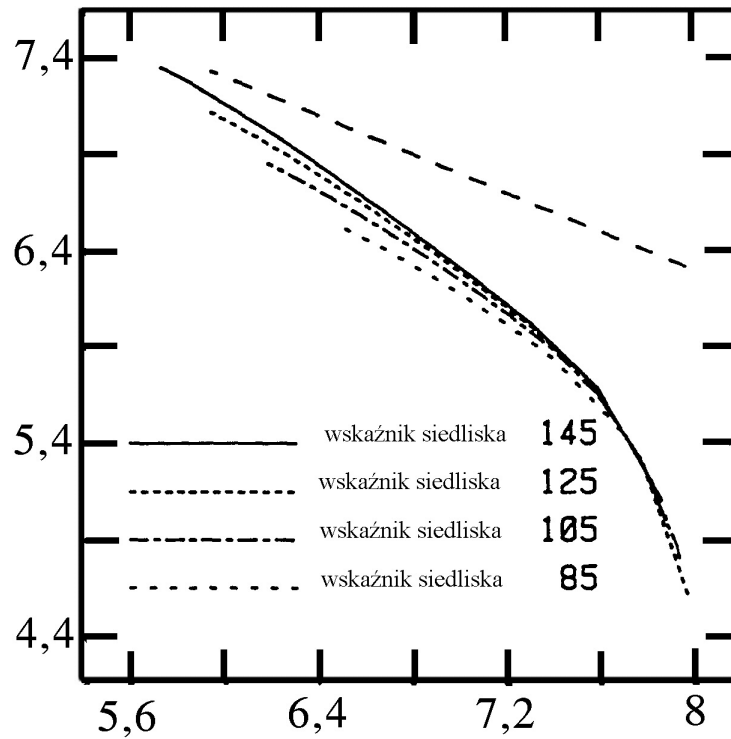


Proces samoprzerzedzania się populacji a łączna masa osobników na jednostkę powierzchni

- Łączną masę osobników (W) na jednostkę powierzchni otrzymujemy mnożąc masę przeciętnego osobnika przez N , czyli:
- $W = kN^{-3/2} * N = kN^{-1/2}$

Samoprzerzedzanie drzewostanów daglezji

Zasobność drzewostanu (m^3/ha)



Liczba drzew na 1 hektar

Na obu osiach skala logarytmiczna

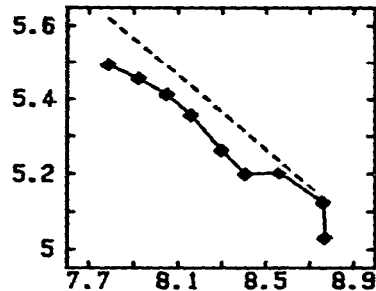
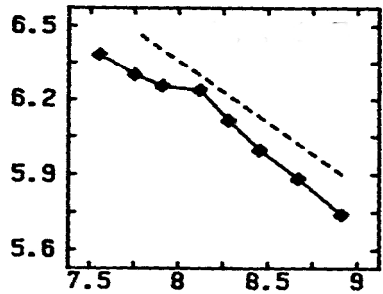
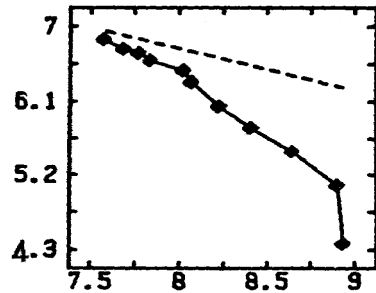
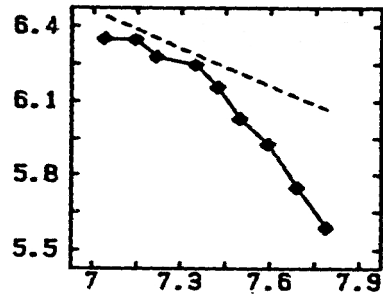
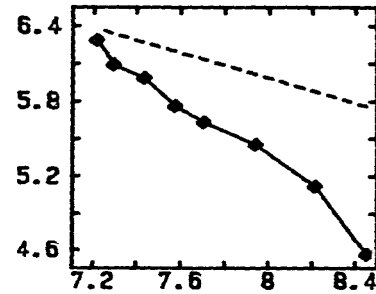
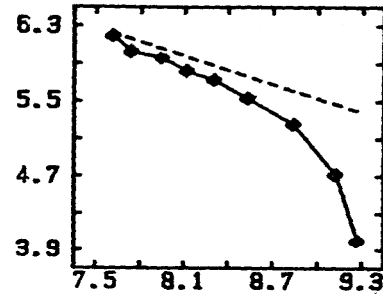
Czy przekonanie o uniwersalności „reguły $-3/2$ ” wytrzymuje próbę krytyki?

- **Do połowy lat 80-tych „reguła $-3/2$ ” nie była przedmiotem krytyki. Wynikało to głównie z faktu, że przez długi czas nie próbowano przeanalizować statystycznie zgodności między przewidywaniami wynikającymi z tej reguły a danymi empirycznymi**
- **Wynikało to również znacznie w znacznej mierze z tego, że zawsze brakowało danych ilustrujących proces samoprzerzedzania się konkretnych populacji. Większość wykresów przedstawia zestawienia danych z wielu populacji o różnym zagęszczeniu, a nie dane ilustrujące zmiany zachodzące w tej samej populacji w czasie**

Co wynika z porównania „reguły $-3/2$ ” z wynikami badań nad dynamiką drzewostanów?

- **Leśnictwo jest jedną z niewielu dziedzin, które dysponują danymi na temat zmian zagęszczenia i struktury wielkości zachodzących w konkretnych populacjach. Dlatego dane pochodzące ze stałych powierzchni badawczych okazały się cennym źródłem danych do porównań przewidywań „reguły $-3/2$ ” z rzeczywistością**
- **Rzeczywistość okazała się bardziej złożona niż to przewiduje reguła. Zależność między logarytmem liczebności a logarytmem przeciętnej masy na ogół nie jest prostoliniowa**
- **Większość podlegających samoprzerzedzaniu populacji drzew przemieszcza się z czasem wzdłuż indywidualnych, krzywoliniowych trajektorii**

Oś y: logarytm naturalny zasobności drzewostanu (m^3/ha)



Oś x: logarytm naturalny liczby drzew/ha

Samoprzerzedzanie się
drzewostanów na stałych
powierzchniach badawczych

Źródła danych do wykresów

- 1. *Pinus strobus*, wiek od 15 do 54 lat, Michigan, USA
- 2. *Pinus strobus*, wiek od 19 do 54 lat, Michigan, USA
- 3. *Pinus resinosa*, wiek od 15 do 54 lat, Kanada
- 4. *Picea abies*, wiek od 19 do 72 lat, Anglia
- 5. *Picea abies*, wiek od 45 do 84 lat, Szwecja
- 6. *Pinus sylvestris*, wiek od 70 do 112 lat, Szwecja

Wniosek dotyczący dynamiki zagęszczenia drzewostanów

- **Wprawdzie większość drzewostanów przesuwa się wzdłuż indywidualnych, krzywoliniowych trajektorii, ale „linia $-1/2$ ” na ogół nie jest przecinana przez te trajektorie**
- **Można powiedzieć, że wyznacza ona pewną górną granicę zagęszczenia. Na dużym odcinku jest to jednak granica dość odległa od tego, co obserwujemy w rzeczywistości**



**Las, który stosunkowo dobrze
da się opisać językiem matematyki**

Prawdziwy las wygląda inaczej



Lasy mieszane, zróżnicowane



Lasy mieszane, zróżnicowane



Fot. Piotr Wężyk

Symulacyjne modele dynamiki lasu

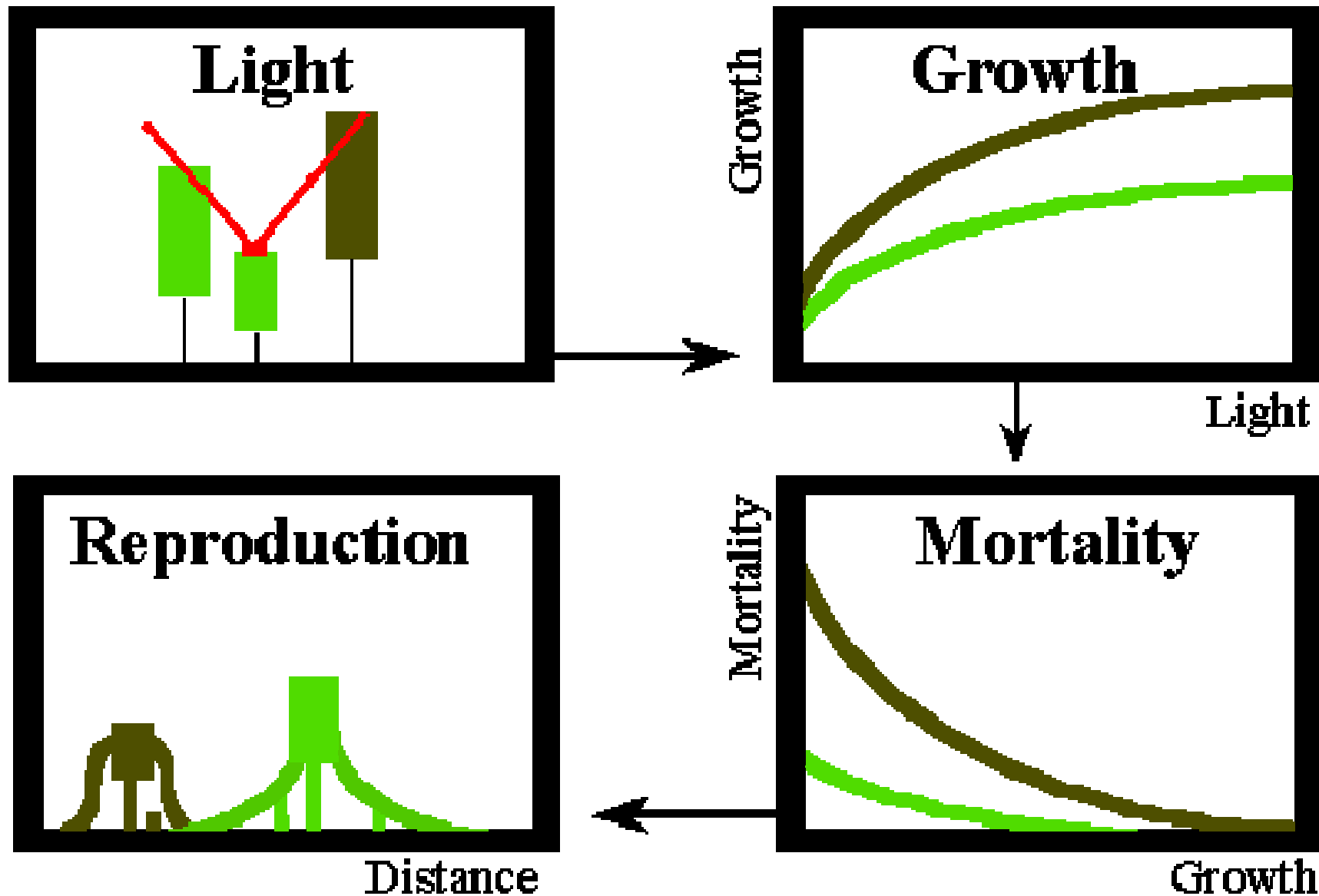
- Daniel B. Botkin



- Charles D. Canham



Model SORTIE



Use of a spatially explicit individual-tree model (SORTIE/BC)
to explore the implications of patchiness in structurally
complex forests

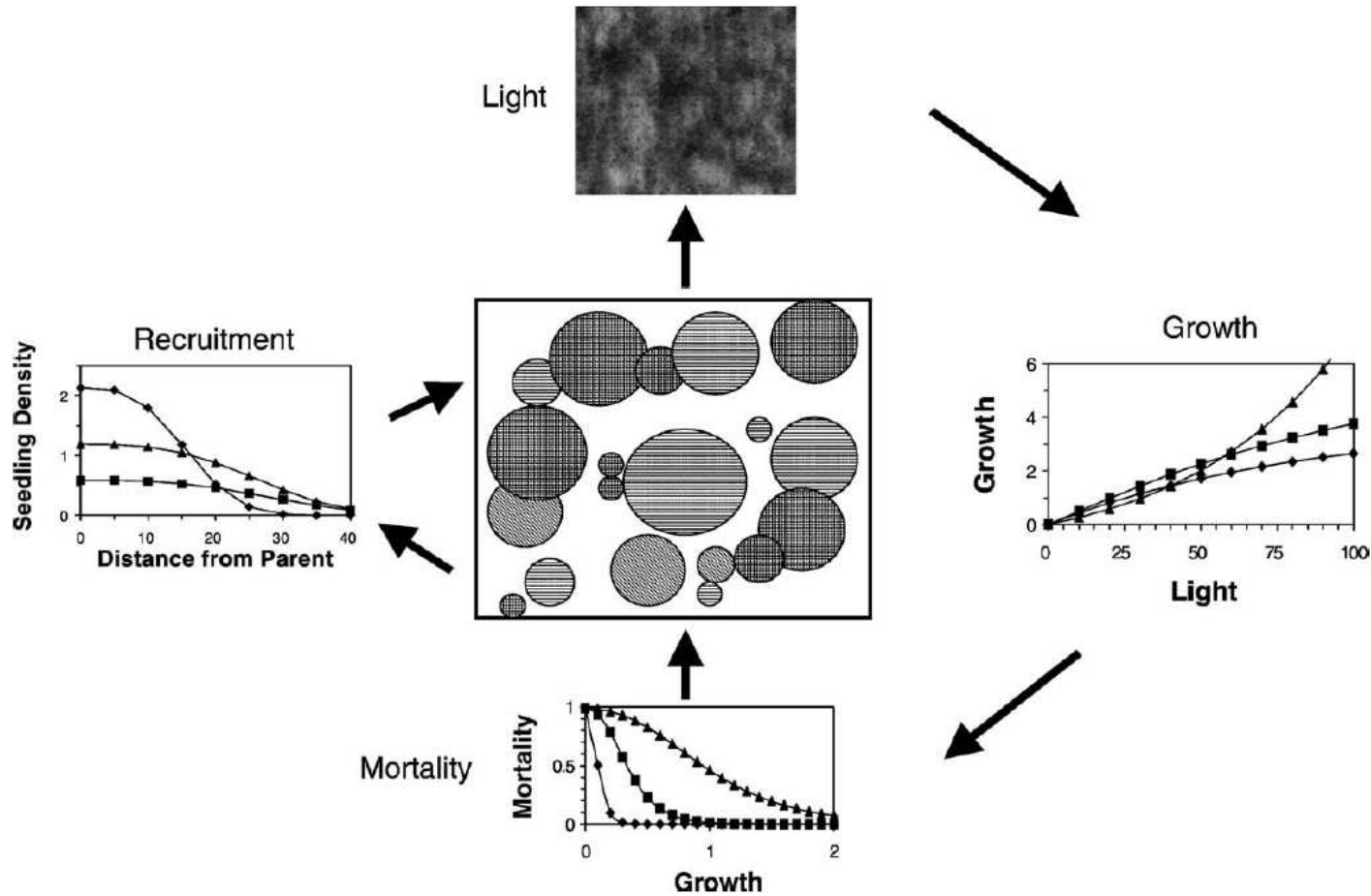
K. David Coates^{a,*}, Charles D. Canham^b, Marilou Beaudet^c,
Donald L. Sachs^d, Christian Messier^c

^aBritish Columbia Forest Service, Research Section, Bag 6000, Smithers, BC, Canada V0J 2N0

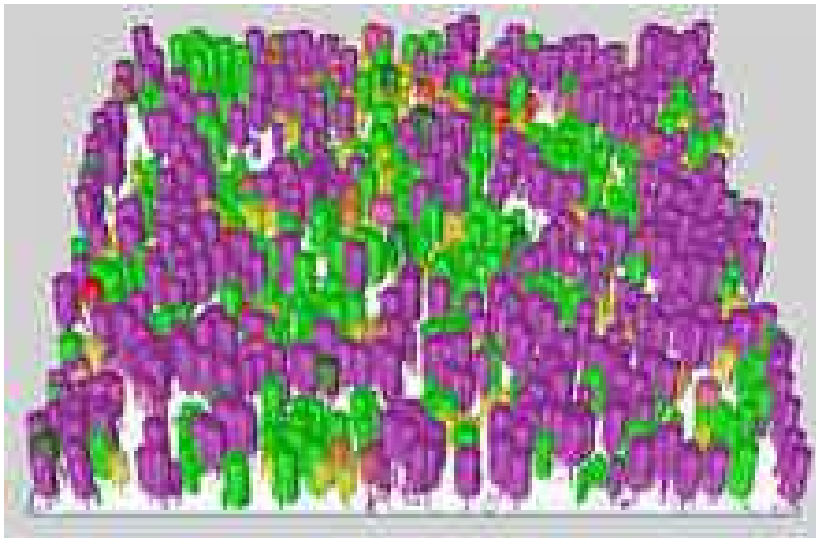
^bInstitute of Ecosystem Studies, Box AB, Millbrook, NY 12545, USA

^cGREFL, Université du Québec à Montréal, C.P. 8888, Succursale Centre-Ville, Montréal, Que., Canada H3C 3P8

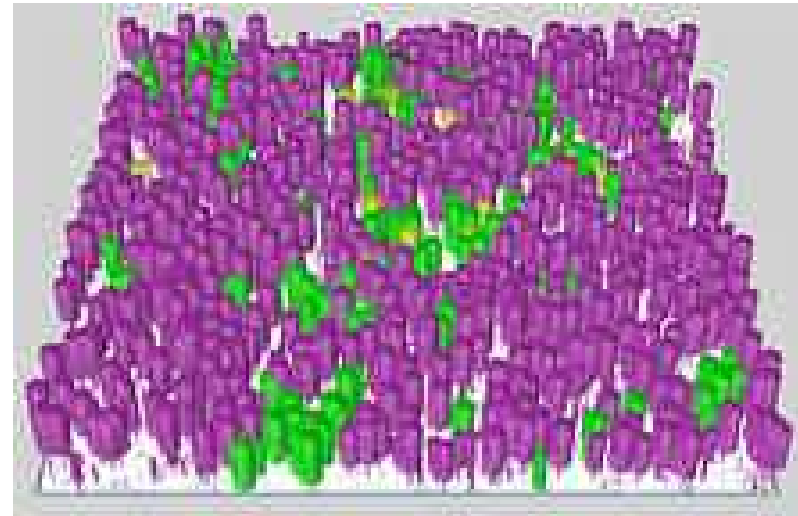
^dForest Research Consulting, 3928 West 31 St., Vancouver, BC, Canada V6S 1Y5



Rozwój drzewostanu w warunkach nie zaburzonego wzrostu

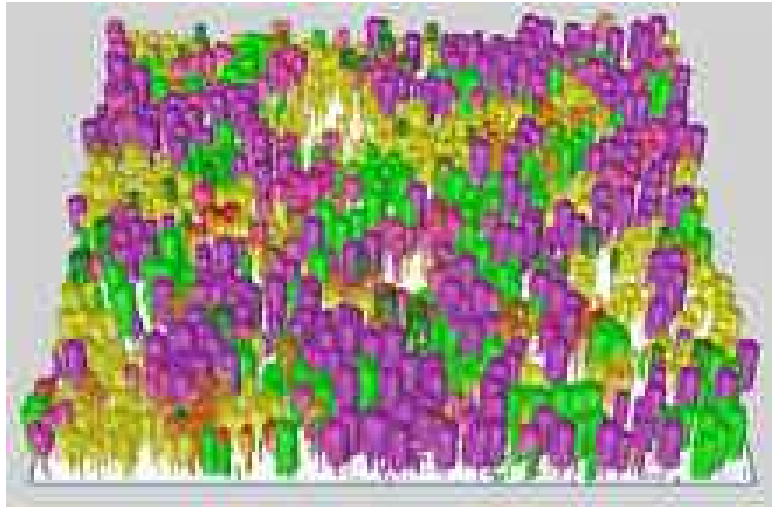


Po 500 latach

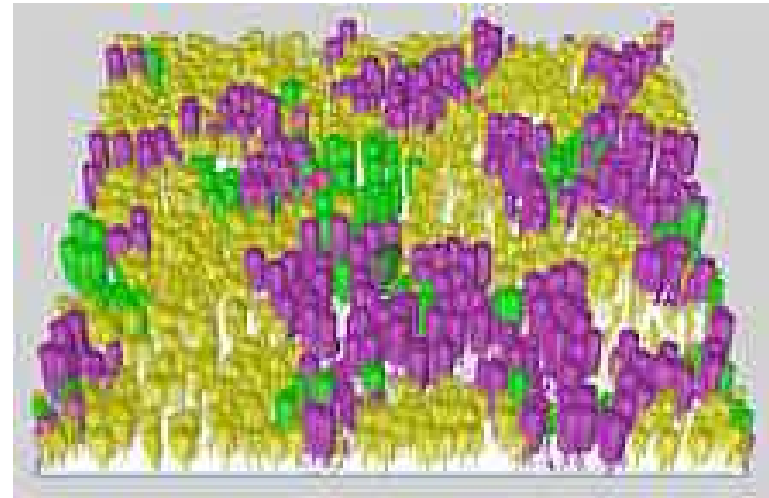


Po 1000 lat

Symulacja rozwoju drzewostanu w warunkach zaburzeń

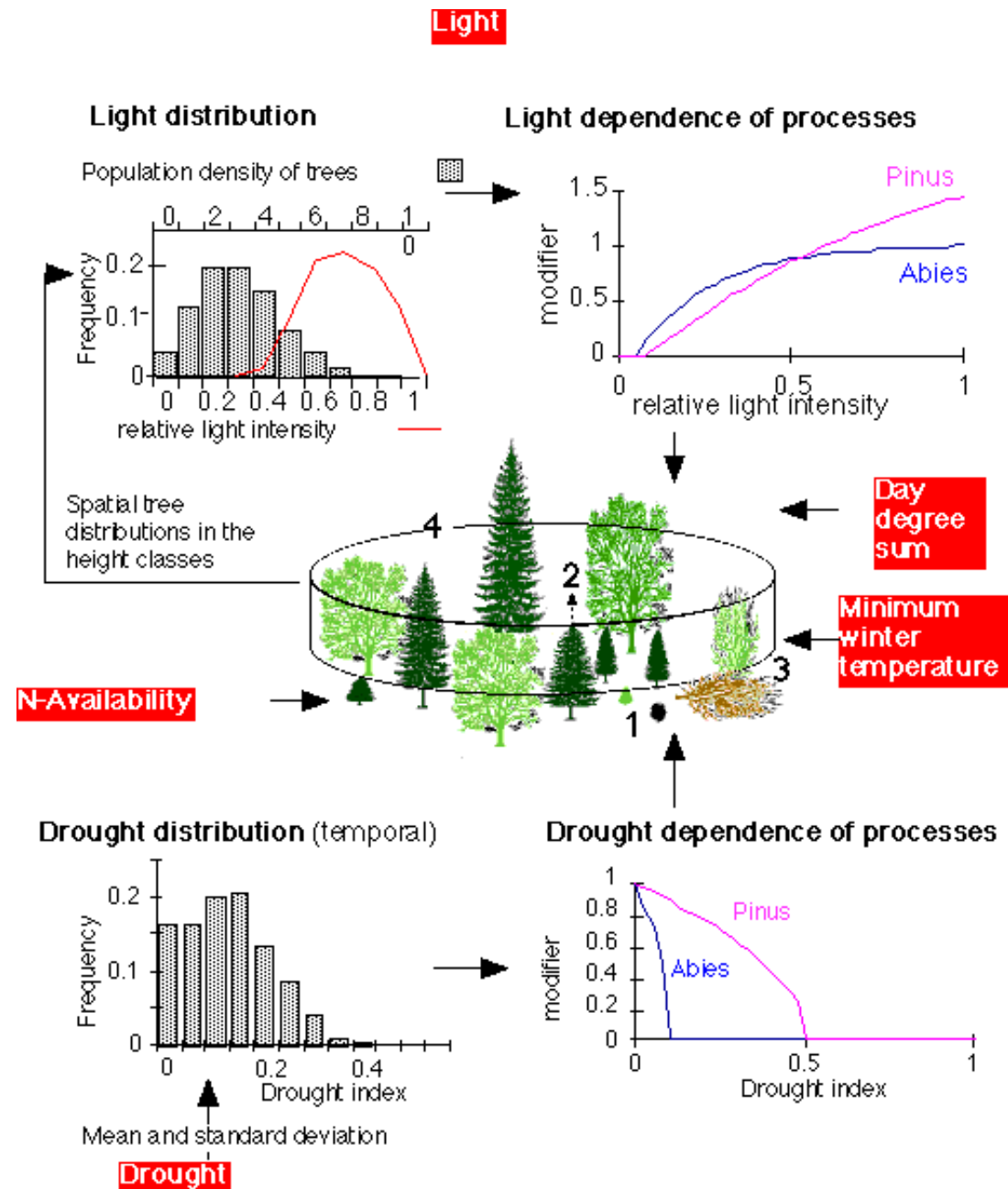


Po 500 latach



Po 1000 lat

Próby modelowania konkurencji między drzewami w lesie



Sosna pospolita *Pinus sylvestris* i jodła pospolita *Abies alba*

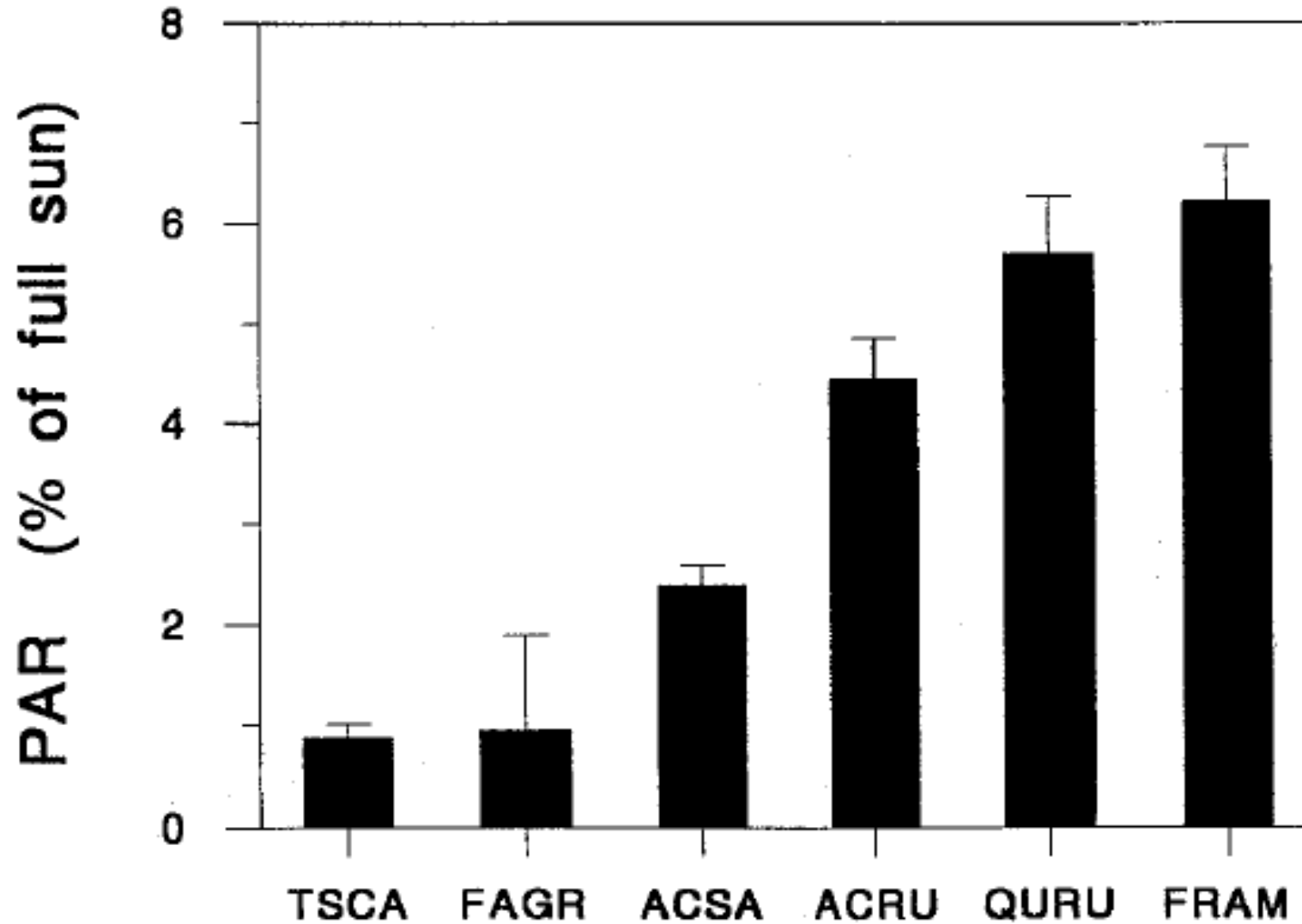


Buk zwyczajny *Fagus sylvatica*, Jodła pospolita
Abies alba i Świerk pospolity *Picea abies*



Canham, C. D., A. C. Finzi, S. W. Pacala, and D. H. Burbank. Causes and consequences of resource heterogeneity in forests: interspecific variation in light transmission by canopy t...

ARTICLE in CANADIAN JOURNAL OF FOREST RESEARCH · FEBRUARY 1994
Impact Factor: 1.68 · DOI: 10.1139/x94-046





Choina kanadyjska *Tsuga canadensis*

Fot. Tomasz Skalski

Buk amerykański *Fagus grandifolia*





Klon cukrowy *Acer saccharum*

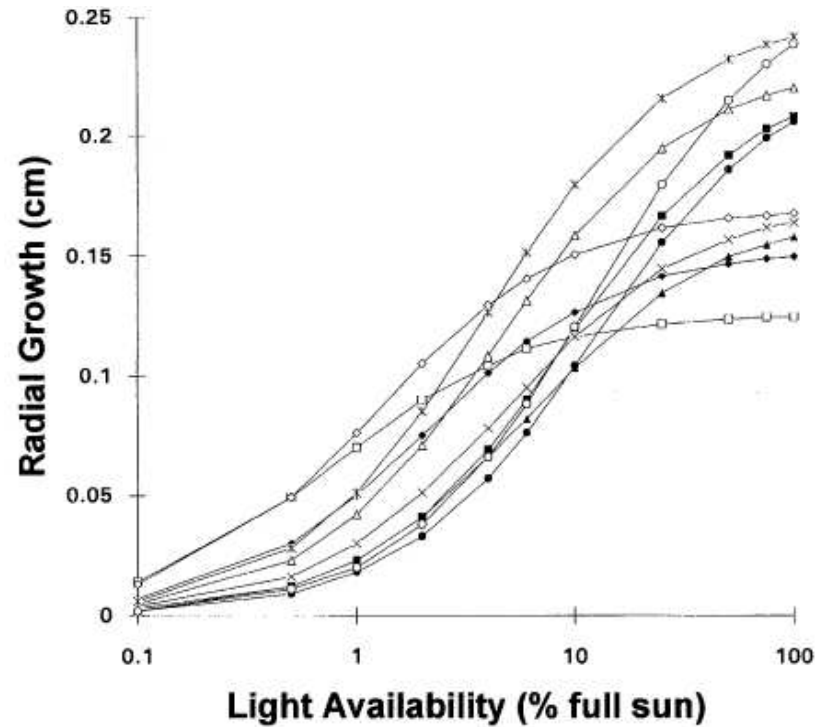
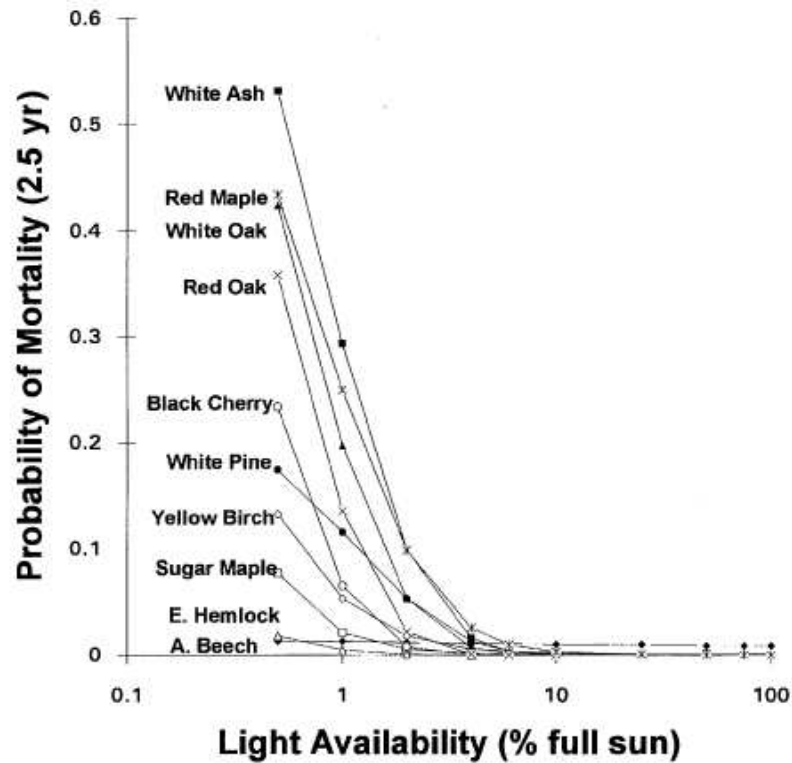
Fot. Tomasz Skalski

Juvenile Tree Survivorship as a Component of Shade Tolerance

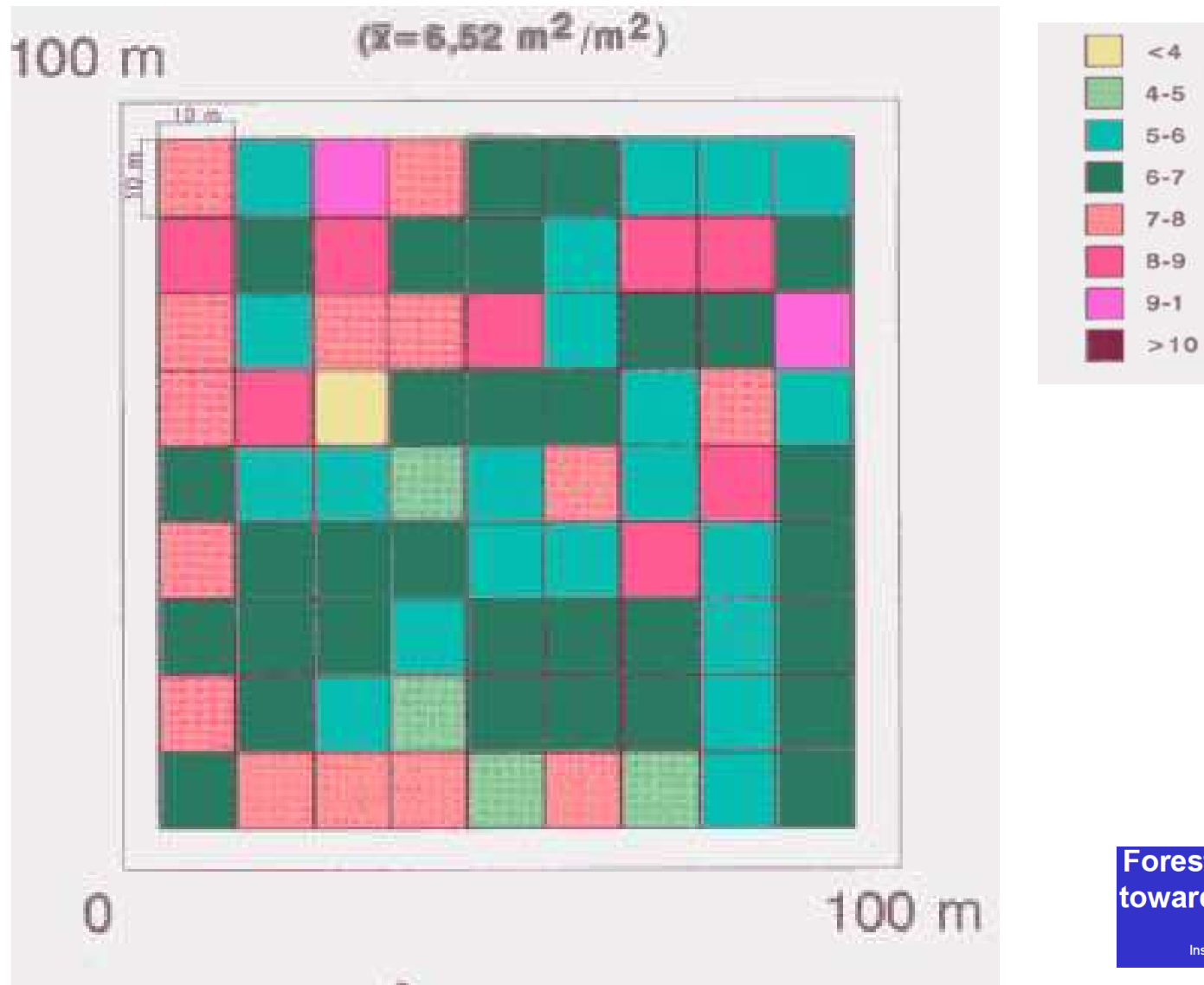


Richard K. Kobe; Stephen W. Pacala; John A. Silander, Jr.; Charles D. Canham

Ecological Applications, Volume 5, Issue 2 (May, 1995), 517-532.



Rozkład wskaźnika LAI w naturalnym lesie bukowym (wg. Mosandl 2013)



Forestry in Germany: On the track towards a „close to nature“- forest

Prof. Dr. Dr. habil. Reinhard Mosandl
Institute of Silviculture, University of Technology Munich



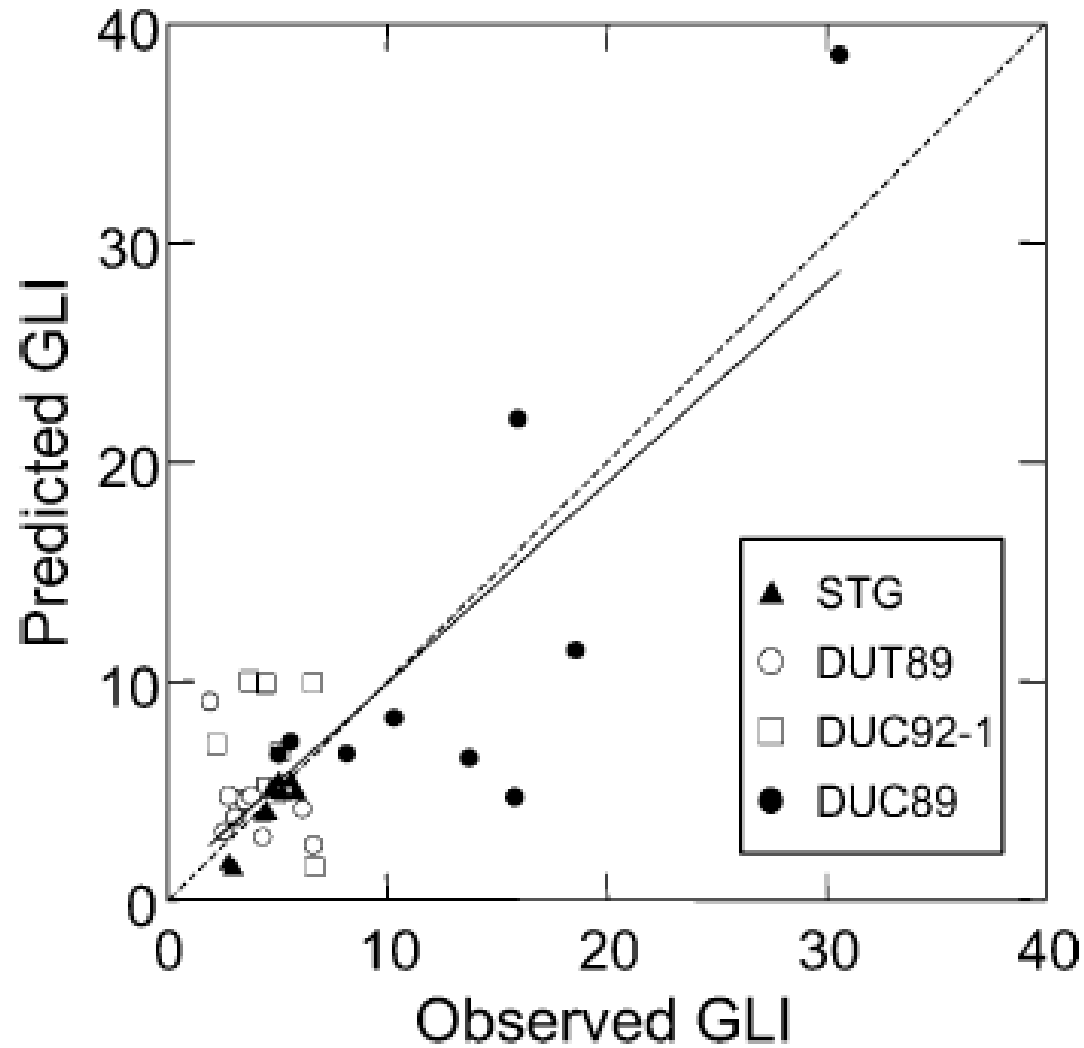
Fot. Norbert Jaroch

Predictions of understorey light conditions in northern hardwood forests following parameterization, sensitivity analysis, and tests of the SORTIE light model

Marilou Beaudet^{a,*}, Christian Messier^a, Charles D. Canham^b

^a *Groupe de Recherche en Écologie Forestière Interuniversitaire (GREFI), Département des Sciences Biologiques, Université du Québec à Montréal, CP 8888, Succ. Centre-Ville, Montréal, Que., Canada H3C 3P8*

^b *Institute of Ecosystem Studies, Box AB, Route 44A, Millbrook, NY 12545-0129, USA*



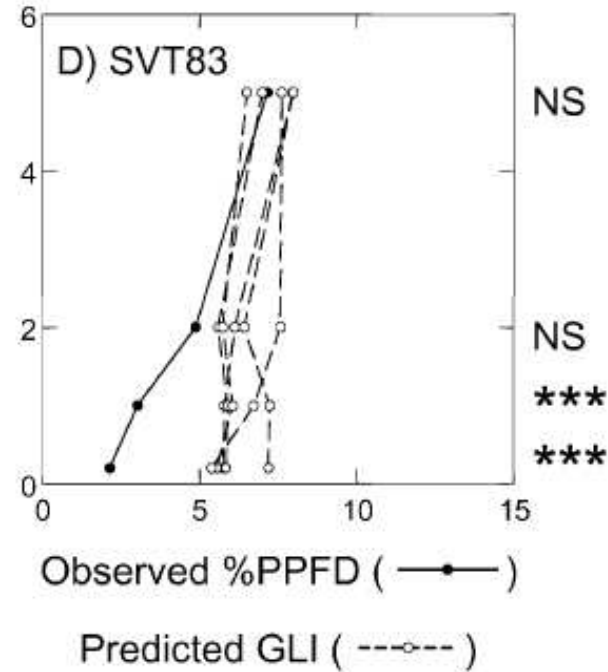
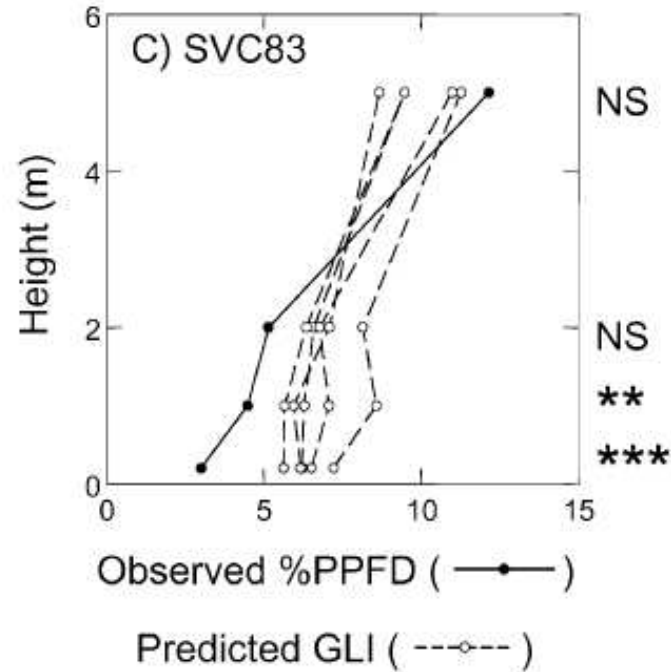
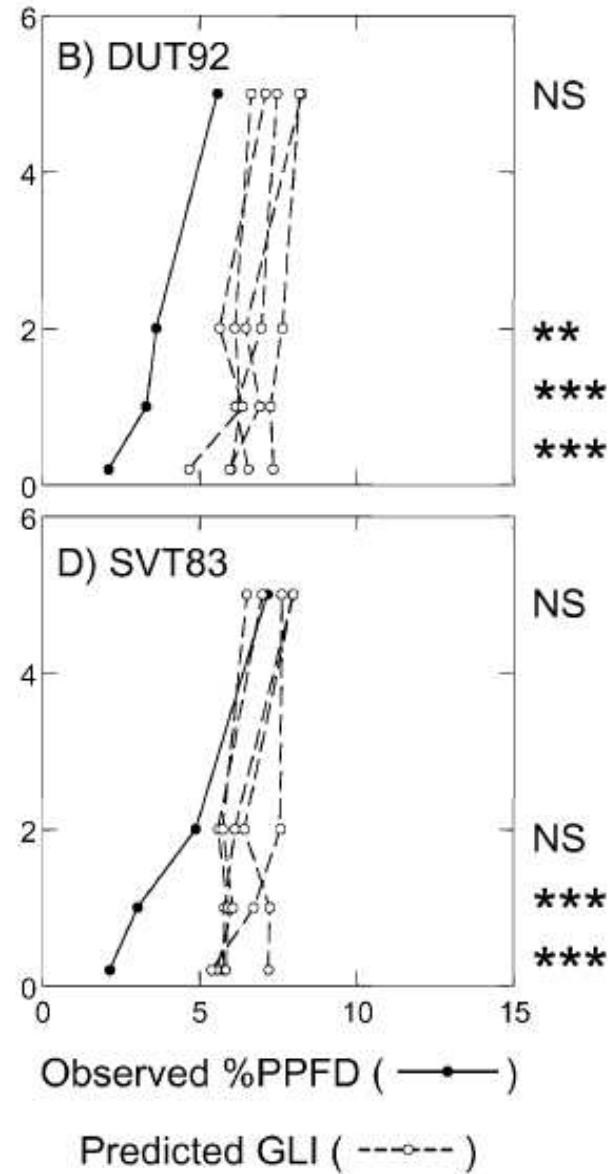
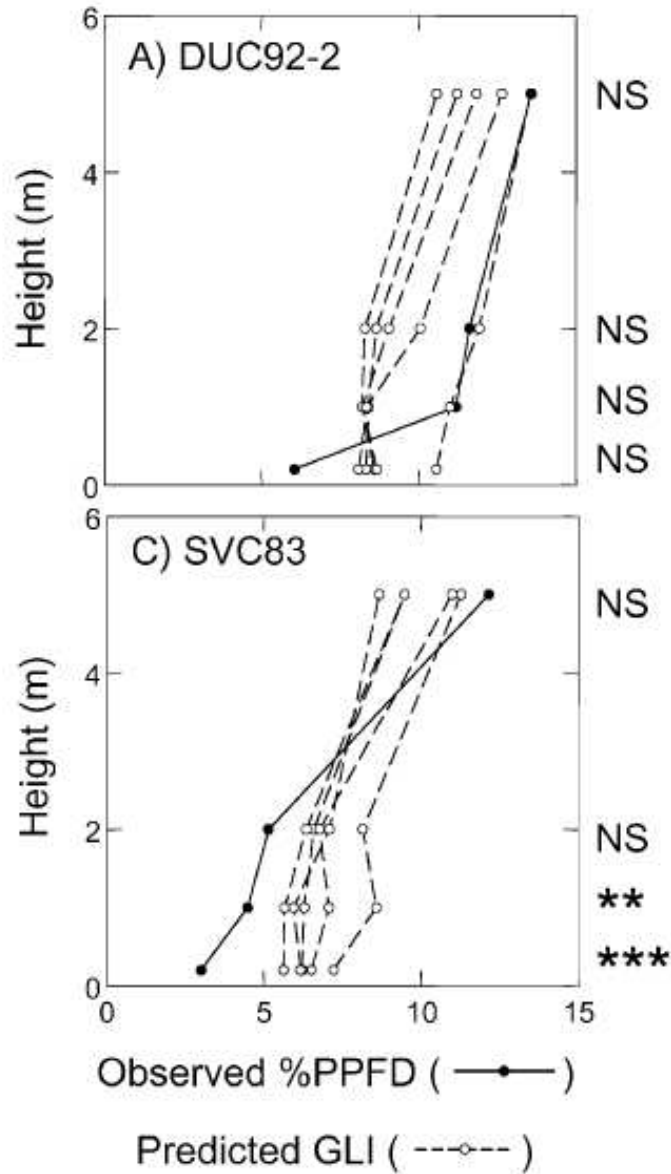
Predictions of understorey light conditions in northern hardwood forests following parameterization, sensitivity analysis, and tests of the SORTIE light model

Marilou Beaudet^{a,*}, Christian Messier^a, Charles D. Canham^b

^aGroupe de Recherche en Écologie Forestière Interuniversitaire (GREFI), Département des Sciences Biologiques,

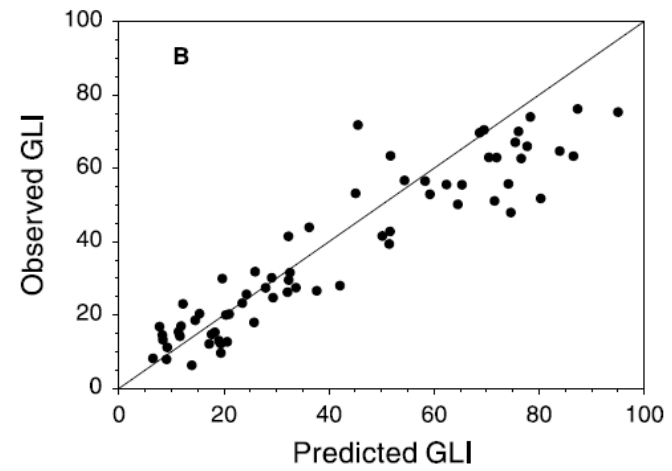
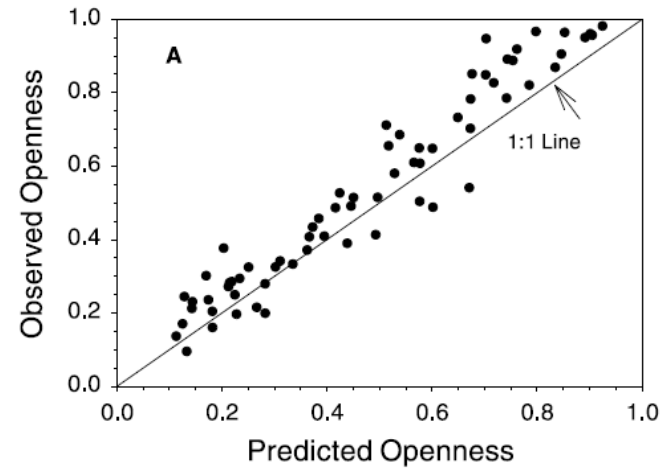
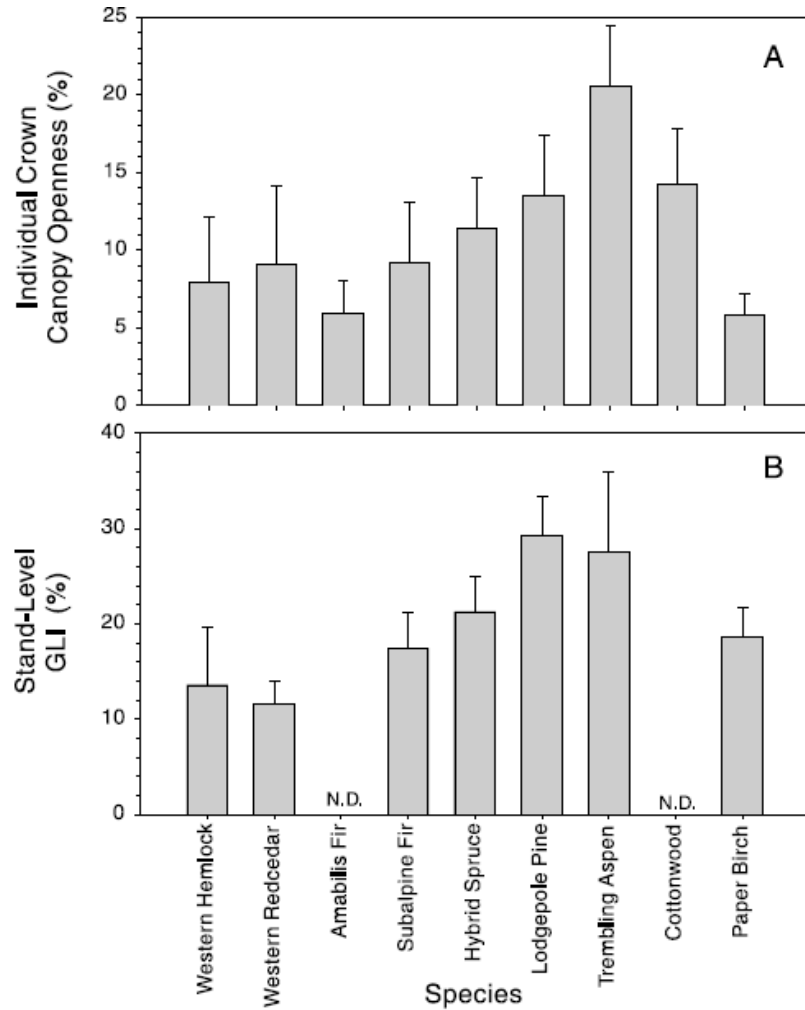
Université du Québec à Montréal, CP 8888, Succ. Centre-Ville, Montréal, Qué., Canada H3C 3P8

^bInstitute of Ecosystem Studies, Box AB, Route 44A, Millbrook, NY 12545-0129, USA



Measurement and modeling of spatially explicit variation in light transmission through interior cedar-hemlock forests of British Columbia¹

Charles D. Canham, K. Dave Coates, Paula Bartemucci, and Stefan Quaglia



- Małe zmiany wartości zmiennych powodują duże zmiany dynamiki układu
- Czy jest to przykład chaosu deterministycznego?

Naturalne zaburzenia („*natural disturbances*”)



Stewart T. A. Pickett



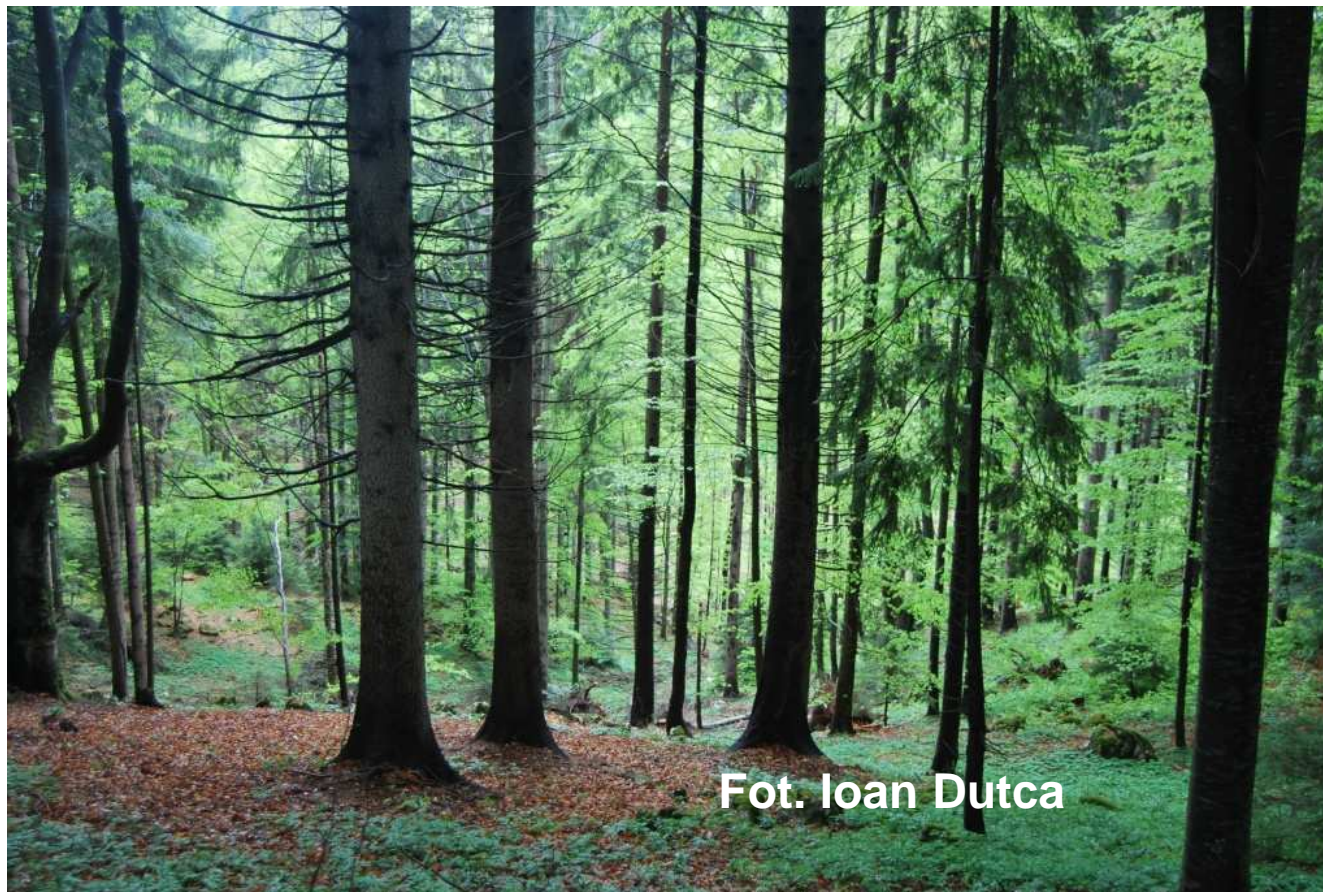
Jerry F. Franklin

the natural world. People seem to have a tendency to view the natural world as static (Johnson 1995). We go to the woods and are impressed by the seeming permanence and stability implied by the massive trees and often by the very quiet and stillness of the air (Fig. 21).



Fot. Ioan Dutca

We are tricked into viewing nature as static because so many important natural changes are slow and are not obvious in our personal experience over several decades or at the spatial scales we normally examine. It is also based on our ability to avert our view from the surprising to the familiar. Long-term studies of communi-



Fot. Ioan Dutca

to the familiar. Long-term studies of communities and ecosystems and precise measurement of the status of those ecological systems do not permit us these comforting biases, however. When we are forced to look long and precisely, the apparent permanence of the scene is revealed as illusion (Weatherhead 1986). The







Fot. Janusz Szewczyk



Fot. Magdalena Żywiec



Fot. Zbigniew Maciejewski

Naturalne zaburzenia a teoria katastrof







A photograph of a dense evergreen forest. The foreground is filled with dark green, detailed evergreen trees. The middle ground shows a valley or a slope covered in a similar forest, but it is shrouded in a thick, white mist or fog. The background is a pale, overcast sky, creating a soft, atmospheric light. The overall mood is quiet and serene.

Dziękuję za uwagę