

**Zeitschrift:** Schweizerische Zeitschrift für Forstwesen = Swiss forestry journal = Journal forestier suisse

**Herausgeber:** Schweizerischer Forstverein

**Band:** 129 (1978)

**Heft:** 10

**Artikel:** Einfluss klimatischer Faktoren auf das Wachstum und den Gesundheitszustand unserer Wälder

**Autor:** Vajda, Z.

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-764383>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 16.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

## **Einfluss klimatischer Faktoren auf das Wachstum und den Gesundheitszustand unserer Wälder**

Von Z. Vajda, Zagreb

Oxf.: 181.2

Waldbiozönosen sowie andere Ökosysteme stehen unter starkem Einfluss klimatischer Faktoren. In der Regel schafft die Wirkung klimatischer Faktoren innerhalb ihrer normalen Durchschnittswerte günstige ökologische Verhältnisse für ein normales Wachstum der Wälder eines Gebietes, so dass Schlusswälder eine genügende Resistenz gegen fast alle äusseren schädlichen Einflüsse erlangen. Wenn jedoch kürzere oder längere Änderungen klimatischer Verhältnisse auftreten, entwickeln sich fast alle Mitglieder der Waldbiozönose zwangsläufig unter dem Einfluss starker Schwankungen klimatischer Faktoren, was sich nicht selten auf ihre weitere Entwicklung schädlich auswirkt. Mit den Folgen der Schwankungen klimatischer Faktoren für das Wachstum und den Zuwachs der Waldbäume sowie mit Forschungen auf diesem Gebiet haben sich zahlreiche Forscher in den USA, in Finnland, der UdSSR, der Schweiz und anderer Staaten befasst. In Jugoslawien begannen solche Forschungen im Jahre 1948 (*Vajda*); die neuesten Untersuchungen erfolgten zwischen 1950 und 1971 (*Klepac*) und über die Variation der Jahrringbreite der Eichenstämmen zwischen 1931 und 1970 (*Šćukanec, Petrić, Špoljarić*). Aus den Ergebnissen der letztgenannten Forschungen geht hervor, dass in der Wirtschaftseinheit «Žutica» die durchschnittliche Jahrringbreite im Zeitabschnitt 1946—1950 mit 3,24 mm am grössten und von 1961—1965 mit nur 1,65 mm am kleinsten war.

Dieses Phänomen stimmt mit Untersuchungen von Dr. Klepac überein, der festgestellt hatte, dass der Volumenzuwachs der Eichenbestände auf den Versuchsflächen in der Wirtschaftseinheit «Josip Kozarac» im Zeitabschnitt 1962—1967 im Durchschnitt 4,9 m<sup>3</sup>/ha betrug, was fast um 50 % unter dem Zuwachs von 1950—1955 lag, der im Durchschnitt 9,3 m<sup>3</sup>/ha betrug.

Dieser rasche und grosse Zuwachsrückgang der Eichenbestände deutet nicht nur auf einen wirtschaftlichen Verlust hin, sondern auch auf eine Verschlechterung des Gesundheitszustandes und der Lebensresistenz dieser Waldbestände. Die ausserordentliche Bedeutung dieser Erscheinung für die Forstwirtschaft veranlasste uns, ihre Ursachen zu untersuchen, um festzustellen, welche Mitwirkung die klimatischen Faktoren in diesem Geschehen

besassen, und zwar wurden Temperatur, Niederschläge und Martonnes Index der Aridität untersucht. Ausserdem interessierte, in welchem Masse sich eventuell auch die Schwankungen der Sonnenradiation dabei äussern und einen Einfluss ausüben können.

Aus den verarbeiteten klimatischen Daten des Geophysischen und Hydro-meteorologischen Instituts in Zagreb für die Wetterwarte Zagreb-Grič konnten wir feststellen, dass die durchschnittlichen Jahrringbreiten im Zeitabschnitt 1946—1959 am grössten waren (3,24 mm); zur selben Zeit war auch der durchschnittliche Temperaturindex der Vegetationsperiode am höchsten und betrug 19,5 °C. Die durchschnittlichen Jahrringbreiten im Zeitabschnitt 1961—1965 waren die kleinsten (1,65 mm); in dieser Zeit betrug der durchschnittliche Temperaturindex der Vegetationsperiode 17,9 °C. In diesem Zeitabschnitt war Martonnes Index der Aridität am höchsten, während im Zeitabschnitt der breitesten Jahrringe der Wert dieses Faktors niedriger war. In der Periode der engen Jahrringe war die Niederschlagsmenge während der Vegetationsmonate am grössten. Während der Zeitspanne der engen Jahrringe schwankte die relative Zahl der Sonnenflecken um ein Minimum, was bedeutet, dass die Waldbäume in den verkürzten Vegetationsperioden wuchsen, wodurch die engen Jahrringe verursacht wurden. Diese Angaben sind in Abbildung 1 wiedergegeben.

Was über die Korrelation der Jahrringbreiten der Eichenstämme im Žutica-Wald und der klimatischen Elemente der Vegetationsperioden im Zeitabschnitt 1931—1970 gesagt worden ist, gilt auch für die Korrelation des laufenden Volumenzuwachses der Eichenbestände auf den Versuchsflächen der Wirtschaftseinheit «Josip Kozarac», weil sie dieselben klimatischen Elemente in den Vegetationsperioden des Zeitabschnittes 1950—1973 aufweisen. Der Unterschied liegt nur darin, dass im letztgenannten Fall nicht fünfjährige Zeitabschnitte, sondern sechsjährige Zeitabschnitte berücksichtigt worden sind.

In der ersten sechsjährigen Zeitspanne von 1950—1955 betrug der laufende Volumenzuwachs der Eichenbestände 9,3 m<sup>3</sup>/ha. Dank der günstigen Durchschnittstemperatur von 18,5 °C der Vegetationsmonate dieses Zeitabschnittes sowie wegen der genügenden Niederschlagsmengen von 393 mm und auch dem entsprechenden Martonnes Index der Aridität von 13,9 konnte sich die relativ geringe Sonnenradiation nicht negativ auswirken, was einen geringeren Zuwachs ergeben hätte. Im zweiten Zeitabschnitt von 1956—1961 sank die Durchschnittstemperatur der Vegetationsmonate bis auf 18 °C; die durchschnittliche Niederschlagsmenge erhöhte sich auf 450 mm, wodurch auch der Index der Aridität auf 16 stieg, was alles dazu beitrug, dass der laufende Volumenzuwachs in diesem Zeitabschnitt auf 7,6 m<sup>3</sup>/ha sank. Die erhöhte Sonnenradiation konnte sich in diesem Zeitabschnitt günstig auswirken und dazu beitragen, dass der Zuwachs nicht noch weiter sank.

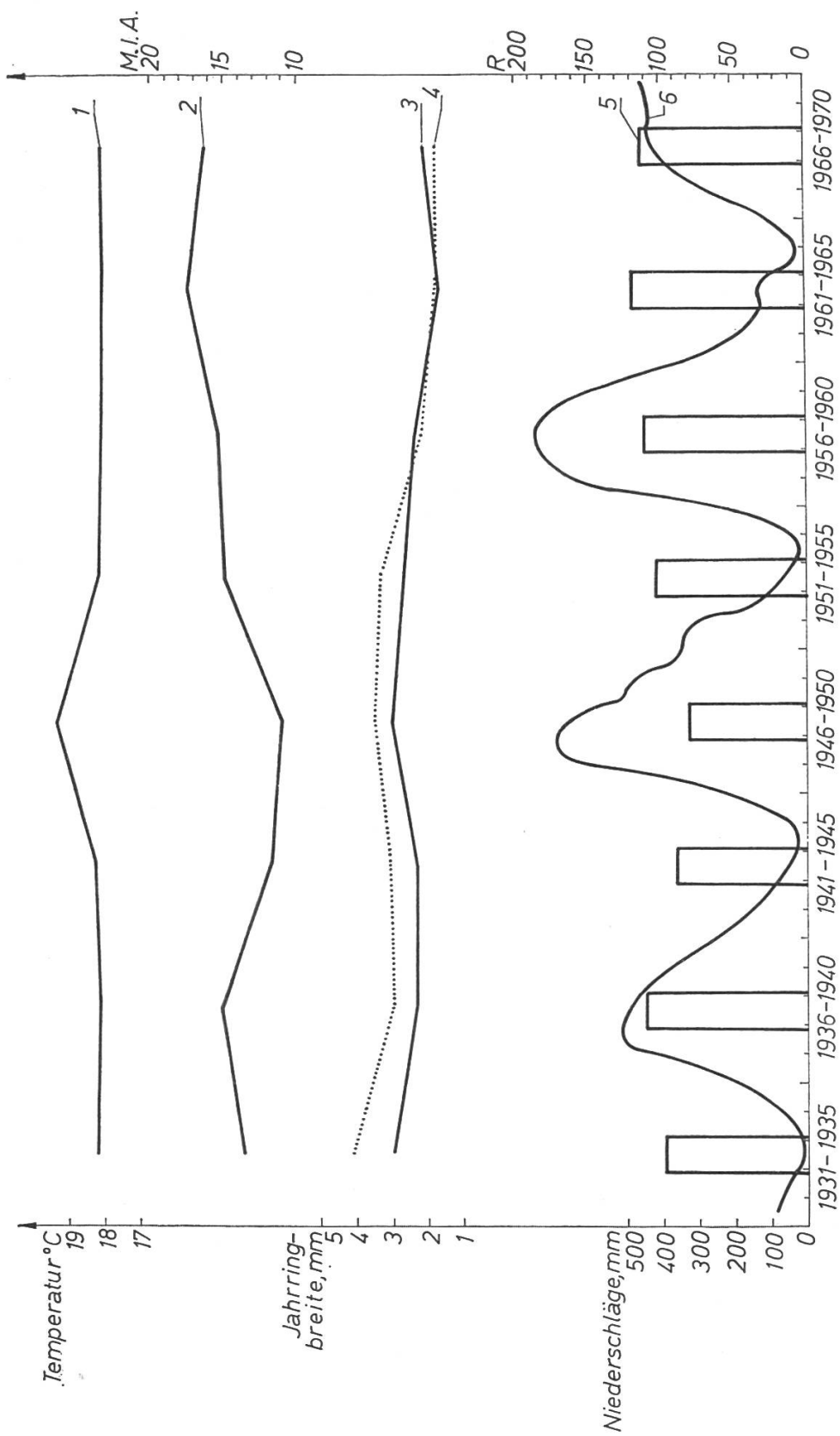


Abbildung 1. Korrelation zwischen der Jahrringbreite der Eichenstämme im Wald «Žutica» und den klimatischen Elementen (Klimatische Angaben beziehen sich auf die Wetterwarte «Grič» in Zagreb).

1: Temperatur, 2: Martonnes Index der Aridität (M. I. A.), 3: Jahrringbreite gesunder Stämme, 4: Jahrringbreite beschädigter Stämme, 5: Niederschlagsmenge, 6: relative Zahl der Sonnenflecken (R) (Durchschnittswerte für die Vegetationsperioden der angeführten 5jährigen Zeitabschnitte).

Im dritten Zeitabschnitt (1962—1967) lag der laufende Volumenzuwachs um fast 50 % unter demjenigen im ersten Zeitabschnitt (1950—1955); er betrug 4,9 m<sup>3</sup>/ha. Die Durchschnittstemperatur der Vegetationsmonate dieses Zeitabschnittes sank bis auf 17,9 °C; die Niederschläge stiegen noch mehr und betrugen 474 mm, während Martonnes Index der Aridität den Höchstwert von 17 erreichte. Die Sonnenradiation während dieses Zeitabschnittes war minimal, was eine Verkürzung der Vegetationsperiode bewirkte. Es waren dies die «nassen Jahre» mit überfeuchten und kurzen Vegetationsperioden. Das Ergebnis eines solchen schlechten ökologischen Zustandes musste sich auch in einer starken Verminderung des laufenden Volumenzuwachses äussern. Die Angaben sind in Abbildung 2 dargestellt.

Allerdings stammt ein bestimmter Prozentsatz des Zuwachsverlustes teilweise auch von Frassschäden in den Baumkronen durch die Schmetterlingsraupen.

Die in Abbildung 2 dargestellte und verhältnismässig kleine Differenz der Temperaturwerte in den Vegetationsperioden von 1950—1955 und 1962—1967 hat biologisch eine grosse Bedeutung, besonders für die Assimilation und den Zuwachs der Waldbäume, da bekanntlich bei der Bildung von Temperaturdurchschnitten auch die warmen Tage mit Temperaturen von  $\geq 25$  °C mitwirken. Solche Tage gab es im Zeitabschnitt von 1950—1955 insgesamt 468, von 1956—1961 total 424 und im Zeitabschnitt 1962—1967 nur 347: das heisst 121 Tage, also 25 % weniger Tage mit Temperaturen  $\geq 25$  °C als im Zeitabschnitt 1950—1955. Damals betrug der Zuwachs fast das Doppelte. Warme Tage, an denen die Tagestemperaturen 30 °C und mehr erreichten, gab es im Zeitabschnitt von 1950—1955 insgesamt 123, von 1956—1961 total 84 und im Zeitabschnitt von 1962—1967 zusammen 74 oder um 40 % weniger als im ersten Zeitabschnitt. Diese Feststellung ist äusserst wichtig, da wir wissen, dass die Transpiration, die Assimilation und das Wachstum der Waldbäume nicht nur vom Licht, sondern auch von der Temperatur abhängig sind. Das Optimum für das Wachstum einzelner Baumarten liegt im Durchschnitt zwischen 24 ° und 34 °C. Jedenfalls muss sich in der Grösse des Zuwachses die Tatsache widerspiegeln, dass die Zahl solcher warmer Tage während der Vegetationsmonate eines Zeitabschnittes um 25 % oder 40 % geringer war.

Aus den Ergebnissen dieser und zahlreicher anderer Untersuchungen kann mit Sicherheit geschlossen werden, dass die Waldbäume mit Rücksicht auf ihre lange Lebenszeit und Reaktionsfähigkeit auf den Einfluss äusserer Faktoren als verlässlicher Registrator der klimatischen Änderungen gelten können, welche im Ökosystem dieser Bäume erfolgten. Da das Erdmikroklima unter ständigem Einfluss der Sonnenradiation steht, deren Intensität durch die Bildung von Sonnenflecken in gewissem Masse schwankt, widerspiegeln sich auch die Zyklen dieser Flecken durch das Auftreten ihrer Ma-

xima und Minima im Wachstum und Zuwachs der Waldbäume. Es ist möglich, diesen Einfluss in einer bestimmten Weise zu beweisen und deutlich zu machen oder wenigstens den Trend einer bestimmten Korrelation festzustellen, insoweit dieser Trend nicht durch einen dritten Faktor mit seiner starken und längeren Wirkung überdeckt wird. Aus diesem Grunde soll bei Untersuchungen dieser Art eine wissenschaftliche Methode angewandt werden, die es — wenn nicht vollständig, dann wenigstens einigermaßen — ermöglicht, dritte Faktoren zu eliminieren, welche das wahre Bild des Einflusses

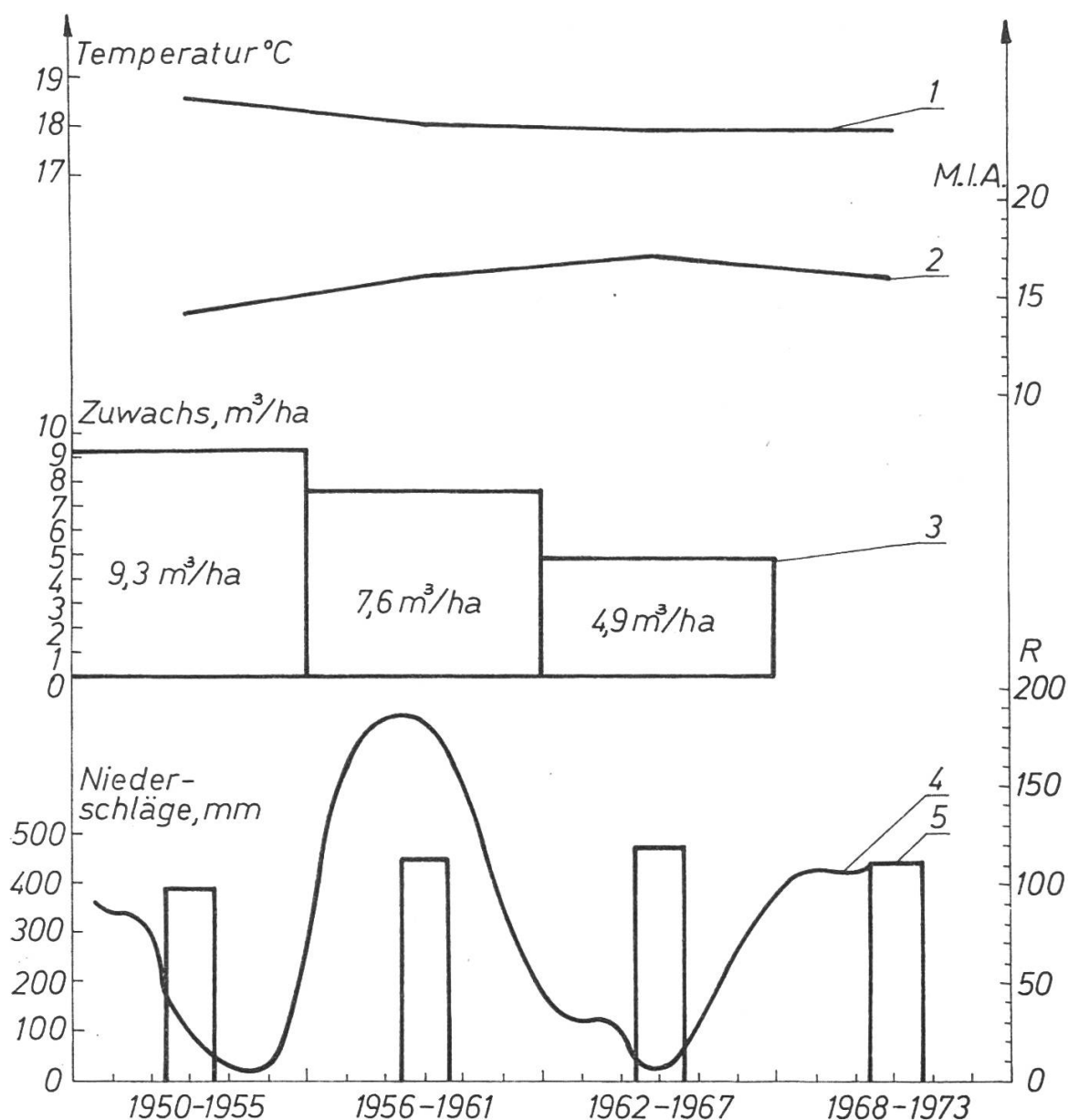


Abbildung 2. Korrelation zwischen dem laufenden Volumenzuwachs der Eichenbestände auf den Versuchsflächen in der Wirtschaftseinheit «Josip Kozarac» und den klimatischen Elementen (Klimatische Angaben beziehen sich auf die Wetterwarte «Grič» in Zagreb).

1: Temperatur, 2: Martonnes Index der Aridität (M. I. A.), 3: laufender Volumenzuwachs, 4: relative Zahl der Sonnenflecken (R), 5: Niederschlagsmenge (Durchschnittswerte für die Vegetationsperiode der angeführten 6jährigen Zeitabschnitte).



ses der Sonnenradiation verdecken könnten. Dies gilt auch für die übrigen klimatischen Faktoren, die von der Sonnenradiation abhängig sind, und mit denen dieselbe in verschiedenen ökologischen Verhältnissen unterschiedlich auf das Wachstum und den Zuwachs der Waldbäume einwirkt. Dies geht daraus hervor, dass dieser Einfluss nicht in jedem Ökosystem dieselben Folgen auf das Wachstum und den Zuwachs der Waldbäume hat, da die klimatischen wie auch die standörtlichen Faktoren und die Bewirtschaftungsmethoden der einzelnen Ökosysteme unterschiedlich sind. Man kann wohl sagen, dass es sich hier um einen Fall handelt, bei dem dieselbe Ursache häufig verschiedene Folgen hat und bei dem möglicherweise manchmal auch keine negativen Folgen entstehen, insofern sich die Änderungen der Intensität der Radiation und die Abweichungen der klimatischen Faktoren von ihren Mittelwerten innerhalb der ökologischen Grenzen bewegen. Mit Rücksicht auf die Veränderlichkeit der Intensität der Sonnenradiation und auf die Temperatur sowie auf die Niederschlagsmenge, die den Waldbäumen zur Verfügung steht, können bestimmte Zustände mit entsprechenden Folgeerscheinungen entstehen.

Die durchschnittliche Sonnenradiation und die normalen durchschnittlichen Temperaturverhältnisse sowie der günstige Zustand der Bodenfeuchtigkeit auch in den normal langen Vegetationsperioden — abgesehen von Schäden durch einen Massenangriff von schädlichen Pilzen und Insekten — werden sich im Zuwachs der Stämme durch eine normale durchschnittliche Jahrringbreite widerspiegeln.

Die verstärkte Sonnenradiation bei gleichzeitig hohen Temperaturen und Dürreperioden, in denen sich die Feuchtigkeit während einer längeren Zeit auf dem Minimum befindet, vermindert den Zuwachs der Stämme, so dass sich enge Jahrringe bilden. Falls dazu noch Massenangriffe von schädlichen Pilzen und Insekten stattfinden, wie zum Beispiel der Kahlfrass der Schmetterlingsraupen, sinkt der Zuwachs auf ein Minimum, so dass auch zahlreiche Dürrständer erscheinen.

Die verstärkte Sonnenradiation zusammen mit erhöhten Temperaturen und genügender Feuchtigkeit vergrößert den Zuwachs der Bäume über den Durchschnitt, soweit gleichzeitige Massenangriffe von Schädlingen diese Vergrößerung des Zuwachses nicht aufhalten.

Wenn geringe Sonnenradiation, niedrige Temperaturen und grosse Feuchtigkeit gleichzeitig auftreten und längere Zeit andauern, beeinflussen sie ungünstig den Zuwachs, da sie die Vegetationsperiode verkürzen. Kommt unter diesen Verhältnissen noch der Blattfrass durch die Schmetterlingsraupen oder eine Epidemie schädlicher Pilze dazu, dann kann der Zuwachs der Jahrringe sowie der laufende Volumenzuwachs, zum Beispiel der Eichenstämme, sogar um 50 % sinken.

Die verstärkte Sonnenradiation im Bereich der niedrigen Temperaturen, wo die Temperatur der Minimalfaktor ist (wie in Polargegenden und im Hochgebirge, wo genügend, aber nicht allzuviel Feuchtigkeit vorhanden ist), kann günstig auf die Steigerung des Zuwachses der Waldbäume einwirken, wenn sich die in diesen Gebieten in der Regel kurze Vegetationsperiode dank der Temperaturerhöhung verlängert.

Diese abschliessenden Betrachtungen zeigen die ganze Komplexität der Wirkung der Klimafaktoren der ökologischen Verhältnisse von Wald- (und anderen) Gebieten. Dem sei beigefügt, dass die Bodentypen sowie die Veränderungen, die durch den Einfluss des Menschen im Wald und im Boden im Laufe der Zeit entstehen können, die Ursache noch komplizierterer Wirkungen der Faktoren dieses Ökosystems werden könnten.

Aus dem bisher Gesagten können wir den folgenden allgemeinen Schluss ziehen: Ein gutes Wachstum, die Gesundheit der Wälder und dadurch auch die Resistenz gegen alle schädlichen Faktoren sind in grossem Masse vom Einfluss sehr veränderlicher klimatischer Faktoren abhängig. Die positiven oder negativen Ergebnisse dieser veränderlichen klimatischen Einflüsse auf das Wachstum der Wälder sind durch die Intensität und das zeitliche Auftreten sowie durch ihre mehr oder weniger synchronisierte Wirkung bedingt. Jedoch sind diese Einflüsse auch durch die Intensität der Wirkung einzelner Faktoren bedingt, welche wegen ihrer Stärke häufig den Einfluss anderer Faktoren verdrängen können.

Die für das Wachstum der Wälder positiven und günstigen ökologischen Bedingungen entstehen durch eine synchronisierte und dadurch intensivierte Wirkung der klimatischen Faktoren. Die für das Wachstum ungünstigen ökologischen Verhältnisse werden in erster Linie durch das Auftreten extremer klimatischer Faktoren geschaffen, namentlich, wenn zwei oder mehrere davon gleichzeitig auftreten, so dass sich die entstandenen Verhältnisse über mehrere Vegetationsperioden behaupten. In diesem Fall sinken Zuwachs und Widerstandskraft der Wälder. Hervorgehoben soll noch werden, dass in Jugoslawien die Schäden für das Wachstum der Wälder unter dem Einfluss extrem hoher Temperaturen und Dürren höher und häufiger sind als bei niedrigen Temperaturen und in überfeuchten Jahren. In beiden Fällen vermindert sich der Zuwachs, und Dürrestände treten auf. Im ersten Fall jedoch folgen fast regelmässig Insekten- und Brandschäden, was in kalten und feuchten Jahren selten vorkommt.

Zweck dieser Erörterungen war, wenigstens einigermaßen einen Einblick in die komplizierten Einflüsse, die die klimatischen Faktoren auf das Wachstum der Wälder ausüben, zu geben. Die Folgeerscheinungen dieser Einflüsse sind wegen der Verschiedenheit des Klimas einzelner Gebiete und der Zusammensetzung der Waldbiozöosen sehr unterschiedlich, so dass sich für wissenschaftliche klimatisch-ökologische und biologische Untersuchungen in diesem Bereich ein breites Arbeitsfeld bietet.



## Résumé

### Influence de facteurs climatiques sur la croissance et la santé de nos forêts

Dans cet article, l'auteur examine les causes de la réduction de 50 % de la largeur des cernes annuels de troncs de chênes dans la forêt de «Žutica» ainsi que la diminution d'un pourcentage identique et l'accroissement en volume des chênaies dans les surfaces d'essais de l'unité de gestion «Josip Kozarac» pour la période 1962—1967. La méthode appliquée pour cette étude est fondée sur la corrélation entre des valeurs mesurées sur des fûts et dans des peuplements et des données climatiques, tels que températures moyennes des périodes de végétation, quantité de précipitations, index d'aridité de Martonne et nombre relatif de taches solaires des années 1931 à 1973. L'auteur constata que la diminution de la largeur des cernes annuels et de l'accroissement courant en volume coïncida avec une baisse de l'index moyen de température durant les périodes de végétation de ces années et avec une augmentation des précipitations; simultanément l'index d'aridité de Martonne atteignait une valeur maximale, alors que le nombre relatif de taches solaires s'abaissait jusqu'à des valeurs minimales, influençant la réduction des périodes de végétation. La diminution du nombre de jours à température élevée entraîna une réduction de l'intensité de l'assimilation des feuilles et une baisse de la production organique. Ces facteurs diminuèrent aussi la résistance physiologique des peuplements.

Ainsi, toutes ces conditions défavorables à la croissance des arbres agissent simultanément durant la même période; l'accroissement des tiges et des peuplements de chênes des régions concernées en fut alors réduit à la moitié de celui des années avec des périodes de végétation où l'influence écologique fut favorable.

*Traduction: R. Beer*

### Literatur

- Erkamo, V.:* Untersuchungen über die pflanzenbiologischen und einige Folgeerscheinungen der neuzeitlichen Klimaschwankung in Finnland. Annales Botanici Societatis Zoologiee Botanize Fennice, Vanamo Tom 28 No 3. — Helsinki, 1956.
- Instituto Geofisico Italiano:* Geofisica pura e applicata, Vol. 24, Milano, 1953.
- Geophysical Institute Zagreb:* Climatic data of the observatory Zagreb, Grič for the period 1862—1967, Zagreb 1970.
- Klepac D.:* Istraživanja prirasta u hrastovim šumama, koje se suše. — Zavod za istraživanja u šumarstvu, Zagreb 1974.
- Klimetzek, D.:* Insektenvermehrungen und Sonnenflecken. Forstwissenschaftliches Centralblatt Hamburg und Berlin H. 4, 1976.
- Olenin C. M.:* Radial'nyj prirast sosny v sfagnoyh sosnjakah v svjazi s vekovymi solnečnymi ciklami. Lesovedenie, Moskva, 2, 1976.
- Petrić D., Šćukanek V., Špoljarić Z.:* Anatomske i tehnološke promjene drva hrasta u odnosu na parcijalnu i totalnu defolijaciju, Zavod za istraživanja u šumarstvu, Zagreb 1974.
- Rudloff H.:* Die Schwankungen und Pendelungen des Klimas. Braunschweig - Freiburg, 1967.
- Vajda Z.:* Utjecaj klimatskih činilaca na pojave sušenja hrastovih šuma. Zavod za istraživanja u šumarstvu, Zagreb 1974.
- Waldmeier M.:* The Sunspot — Activity in the Years 1610—1960, Zürich 1961.