

TARIM, ORMAN VE SU BİLİMLERİNDE YENİ VİZYONLAR: KAVRAMLAR - KURAMLAR - UYGULAMALAR

NEW VISIONS IN AGRICULTURE, FOREST AND WATER ISSUES: CONCEPTS - THEORIES - APPLICATIONS



Editörler

Doç. Dr. Selçuk DUMAN

Dr. Ayşe Esra HAKVERDİ



**TARIM, ORMAN VE SU
BİLİMLERİNDE YENİ VİZYONLAR:
KAVRAMLAR - KURAMLAR - UYGULAMALAR**

**NEW VISIONS IN AGRICULTURE,
FOREST AND WATER ISSUES:
CONCEPTS - THEORIES - APPLICATIONS**

Editörler

Doç. Dr. Selçuk DUMAN

Dr. Ayşe Esra HAKVERDİ



Tarım, Orman ve Su Bilimlerinde Yeni Vizyonlar: Kavramlar - Kuramlar - Uygulamalar
New Visions In Agriculture, Forest And Water Issues: Concepts - Theories - Applications
Editörler: Doç. Dr. Selçuk DUMAN, Dr. Ayşe Esra HAKVERDİ

Genel Yayın Yönetmeni: Berkan Balpetek

Kapak ve Sayfa Tasarımı: Duvar Design

Yayın Tarihi: : Ekim -2024

Yayıncı Sertifika Numarası: 49837

ISBN: 978-625-6183-28-5

© Duvar Yayınları

853 Sokak No:13 P.10 Kemeraltı-Konak/İzmir

Tel: 0 232 484 88 68

www.duvar yayinlari.com

duvarkitabevi@gmail.com

İÇİNDEKİLER
TABLE OF CONTENTS

Chapter 1	5
	Energy Use in Agriculture
	<i>Adem ÖZKAN, Yusuf DİLAY</i>
Chapter 2	17
	Evaluating Bacterial Surface Resistance of Wood Fiber and Paper-Based Composite Panels for Hygiene Applications: A Laboratory case study
	<i>Merve ENGİN, Arif Çağlar KONUKÇU</i>
Bölüm 3	37
	Sazan (<i>Cyprinus Carpio</i> L., 1758) Avcılığında Kullanılan Galsama Ağlarının Seçiciliğine İp Kalınlığının Etkisinin Araştırılması
	<i>Sabri ARAS, Fahrettin YÜKSEL</i>
Bölüm 4	55
	Doğal Balık Stoklarının Tahmininde Kullanılan Yöntemler
	<i>Fahrettin YÜKSEL, Rahmi AYDIN</i>
Bölüm 5	68
	Balıklarda Hematopoetik Hastalıklar
	<i>Selçuk DUMAN</i>
Bölüm 6	78
	Organik Balık Yetiştiriciliği
	<i>Selçuk DUMAN</i>

Bölüm 7	88
Kontrplağın Çivi Tutma Kapasitesi Üzerine	
Ağaç Türü ve Tabaka Düzenlemesinin Etkisi	
<i>Bekir Cihad BAL, Vedat ÇAVUŞ, Nasır NARLIOĞLU</i>	
Bölüm 8	102
Yabancı Otların Yem Bitkileri Üzerindeki Etkileri:	
Rekabet, Besin Değerleri ve Yönetim Stratejileri	
<i>Kübra KALE, Hasan KALE, Doğan IŞIK</i>	
Bölüm 9	112
Tabakalanmış Ağaç Malzeme (Glued Laminated Timber)	
<i>Vedat ÇAVUŞ, Nasır NARLIOĞLU, Bekir Cihad BAL, Mete YAMALI</i>	

Chapter 1

Energy Use in Agriculture

Adem ÖZKAN¹

Yusuf DİLAY²

¹ Lecturer., Karamanoğlu Mehmetbey University Vocational School of Technical Sciences, Department of Mechanical and Metal Technologies, ORCID: 0000-0003-3043-0338

² Assoc. Prof. Dr., Karamanoğlu Mehmetbey University Vocational School of Technical Sciences, Department of Mechanical and Metal Technologies, ORCID: 0000-0002-5365-5137

Introduction

Agriculture is one of the main sectors where raw materials are produced to meet the basic needs of people such as nutrition, shelter and clothing. Energy is the basic resource that enables the development of societies and social life. The survival of humanity is possible with the energy provided from the natural resources of the world. Today, energy is the problem of today as it was yesterday, but it will continue to be the problem of the future. From the beginning of history to the present day, mankind has made a great effort by using all its possibilities in the process of discovering energy resources, putting them into operation and benefiting from this energy obtained. It is only possible for human beings to reach the food they need to continue their lives through agriculture. As in all activities on the earth's surface, energy use in agriculture is extremely important. Agriculture is characterised as the first economic activity where many needs in the world are met (Kaya et al. 2023). This energy, which increases the standard of living of human and other living things, has manifested itself in every moment of our lives. Starting with life, energy has been the basic need of humans and living things. In reaching today's high level, it has undoubtedly become the basic power source of all sectors by using and developing the discovered energy sources. With the increase of new modern technology applications in agriculture, the consumption of all kinds of energy will increase even more. Energy, which is a high-cost input of the agricultural sector, is an important problem in production.

One of the criteria of the development of the society in the industrial and agricultural sectors can be explained as increasing and utilising this amount of energy rather than muscle strength. As it is a measure of development in the world and in our country, individuals in managerial positions express the importance of investing in these areas on every platform.

As the world population is increasing day by day, the tendency of the society to use these resources is increasing. It is essential to evaluate resources in terms of efficiency and sustainability. It is imperative to use the energy produced in the most useful works and to be economical. It is inevitable that this energy is an indispensable element for all humanity and that human beings act accordingly.

Considering the applications used in production and sectors, depending on the amount of energy used directly and indirectly, energy consumption tends to decrease by decreasing the traditional human and animal power effect and entering the application areas of new technologies. This will become even more limited with innovation studies.

Energy use in agricultural production is analysed in two parts as indirect and direct energy.

Indirect Energy

These are values such as human and animal power, energy spent for agricultural machinery, fertilisation, agricultural irrigation, chemical drugs used in agricultural struggle, energy spent in obtaining for seed production. Calculating the energy analysis by performing a full analysis makes the process difficult (Taşkın and Vardar 2016).

Direct Energy

Agricultural production includes the use of energy such as petroleum and by-products, natural gas, oil, coal, lignite, biomass, electricity, etc., which are used in many processes such as processing, storage, transport-transmission, classification of products obtained from agricultural production, from cattle and sheep breeding to the products obtained from them. Fuels such as coal, oil and natural gas are fossil fuels of plant and animal origin (Öztürk et al. 2009).

Oil is the leading energy source, followed by coal, natural gas, nuclear, hydraulic and geothermal energy. While developed countries have a large share in world energy consumption, it can be said that it is at low values in developing countries. While the increase in the world population brings with it the demand for energy, the rapid consumption of non-renewable energy resources increases the importance of renewable energy resources. In the near future, problems in accessing possible energies are likely to bring along reasons such as the acceleration of societies and nations, disputes and energy wars.

In practice, there may be significant differences in the energy consumed between developed and developing countries. We can say that our country is making efforts and endeavours to provide the energy it needs from its own resources. We see that it is at a level to meet our energy resources with economic and smart policies. Considering the 2022 data, it is stated that the rate of foreign dependence on energy has decreased by 67.8%.

Energy resources

The share of agricultural production in general energy consumption in Turkey is low. As other sectors consume energy at high values, the consumption in these sectors is ignored. The most common sources of energy consumed on the earth's surface are: oil, coal, natural gas, hydraulic, geothermal and nuclear energy. Among these energies, hydraulic energy constitutes a renewable energy source, while the others constitute exhaustible, non-renewable energy sources. The use of solar energy, wind energy and organic plant wastes as secondary energy sources has become increasingly important in the world. It constitutes the most important input costs such as storage,

processing, classification in the process from the processing of all produced agricultural products until they are supplied to the market. As a result of the decrease in energy costs, it directly affects product prices.

The benefits of using solar energy in the agricultural sector are quite high. These are

- Savings in power and energy costs in the long term
- Continuous and uninterruptible power supply
- Renewable and natural energy source
- Clean energy with no environmental impact
- Low cost of installation, distribution and transmission even in all geographical conditions
- Easy provision of power supply, being replaceable
- Supply of power supply even in rural areas, remote locations
- Waste-free, environmentally friendly and harmless to living things
- It includes combinations that can solve many problems in the sector, etc.

For this reason, it is becoming a more preferred sustainable and efficient energy source in addition to the increasing energy demand today.

Solar spraying systems, ventilation of greenhouses, protection of agricultural production areas within the fence system, heating of greenhouses with geothermal energy, fish farming applications are examples. It is known by everyone that it is a very important energy source that is abundant in natural life compared to other sources. Many countries in the world support the use of renewable energy sources. With the use of renewable energy resources in the agricultural sector, in addition to ensuring energy security, socio-economic development of individuals working in this field will also be possible. In addition to reducing environmental pollution, an increase in national income will be possible by reducing foreign dependence on energy. The lower the input costs, the higher the expected profit will be. The more producers reduce their costs, the more this will be reflected in consumer prices.

Turkey is a constantly developing country in the field of renewable energy. The share of renewable energy in 2021 is around 43.3% of Turkey's total installed capacity, of which 21.54% is natural gas, 10.63% is wind, 7.83% is solar, 1.68% is geothermal and 1.65% is bio-waste (TEİAŞ, 2021).

According to 2021 data, 26% of Turkey's primary energy consumption is provided by solid fuels. While the share of oil and petroleum products decreased to 27.6%, the share of natural gas increased to 30.9%. The share of renewable energy sources is 15.6%. On the other hand, it is seen that 2.6% of primary energy consumption for EU-27 countries in 2021 is provided from solid

fuels, 34.8% from oil and petroleum products, 23% from natural gas, 22.8% from electricity, 11.8% from renewable energy and 5.0% from other sources (Anonymous 2024).

In terms of energy production, some of the sources that can be used as renewable energy sources or that are likely to be used in our lives in the future are as follows.

- a) Volcanoes that are still active and provide energy from their heat,
- b) Seaweeds that provide methane formation as a result of fermentation with bacteria,
- c) Sea heat, from which electrical energy is obtained by means of the heat difference in the depths of the ocean and seas,
- d) Nuclear energy, which provides the opportunity to obtain energy from different chemicals,
- e) The transfer of solar energy produced by the sun's rays to the earth with the help of cells placed on satellites in space,
- f) Energy production with systems developed with the help of tidal energy in the sea.

Energy in agriculture

Turkey is a developing country and energy demand is increasing rapidly with the effect of dynamic population. In addition to the annual electricity demand of 7-8%, the general energy demand of 4-5% is expected to continue in the coming years. Energy is needed to ensure production in agriculture. The aim of agricultural production is to obtain sufficient amount of product from unit area. However, a number of inputs used in production, the diversity of production methods become important with the consumption of more energy. In order to increase agricultural production, the energy required for the construction and use of intensive inputs such as machinery, fertiliser, pesticides and irrigation is important. In terms of quality and quantity, agriculture is prioritised by researchers around the world.

In our country, energy is needed for continuous agricultural production. Economically economical use of energy is inevitable. With the reduction of input costs in agricultural production, the amount of profitability in production will increase. It will be possible to reduce production costs by using renewable resources such as solar energy, geothermal energy, which are both economical and environmentally friendly. As a result of this, consumers will have the opportunity to reach more affordable products as a result of the decrease in the costs of producers.

The fact that Turkey's economy is based on agriculture requires more sensitive behaviour in energy consumption. According to TUIK data, Turkey's population is increasing at an average rate of 27 per thousand every year (TUIK, 2024). The share of the population living in rural areas in the general population is around 90%. Although the share of agricultural production in national income is changing, the increase in production is still not sufficient. In order not to face an energy problem in the future, necessary measures should be taken as soon as possible.

Ensuring energy efficiency together with environmental impacts will provide economic contributions to farmers. In agricultural production, the biggest expenses among the operating expenses are tractor fuel, fertiliser, and medicine and seed costs. Energy savings can be achieved in many aspects with energy efficiency applications in agricultural enterprises. New methods are needed to increase efficiency in agricultural irrigation in order to meet the food demand of the increasing population, especially in countries with water scarcity. For example, with the use of smart meters, it is possible to monitor and control instant water consumption remotely (Akkaya and Soy, 2022). In this way, both water and energy are saved. For energy saving in agricultural production; effective use of agricultural mechanisation tools, saving in irrigation systems and energy saving in the structures of agricultural enterprises come to the fore.

Effective Use of Agricultural Mechanisation Tools

1. Condition and energy performance of existing vehicles in the enterprise,
2. Characteristics of fuel consumption values in terms of efficiency,
3. The weight on the front and rear wheels of the tractor and its balancing,
4. Calculation of tractor power requirements for production,
5. Selection of tractor tyres,
6. Monitoring in case of wheel skidding,
7. Preferring high power tractors with low fuel consumption,
8. Tyre pressure control and its effect on fuel consumption.

Energy Use in Irrigation

1. Energy saving in irrigation systems,
2. Suitable pumping unit systems,
3. Comparison of diesel-electric pumps,
4. Revealing the lost energy in high power pumps,
5. Timely maintenance of pumps in terms of energy saving.

Energy Use in Buildings Used for Agricultural Purposes

1. Energy efficient agricultural buildings, poultry houses, barns and greenhouses,
2. Energy efficient cooling rooms and cooling systems,
3. Thermal insulation and isolation in business buildings,
4. Compressed air systems and energy efficiency,
5. Energy efficient heating and ventilation in poultry houses,
6. Control systems in grain dryers and silos,
7. Economic lighting of agricultural buildings, poultry houses and barns,
8. To obtain hot and cold water with natural energy,
9. Using high efficiency electric motors and power factor,
10. Optimisation units compensate for the negative effects of voltage drops.

Agricultural mechanisation, transport-transmission, irrigation, fertilisation, agricultural struggle are the main inputs to increase agricultural yield. These applications require mechanisation tools in order to process the products with high yield increase. When mechanisation is mentioned, the use of tractors and other agricultural machinery in agricultural production comes to mind. Iron, steel, plastic, synthetic and composite materials are needed for the construction of agricultural machinery. In addition, construction energies should also be taken into consideration. Mechanisation provides great benefits in terms of quality and quantity for efficient production in modern agriculture. With the harmonious design of the agricultural machinery working together with the tractor used as a power source, work efficiency will increase and fuel consumption values will decrease. In terms of all agricultural activities, it will be seen that serious energy savings are achieved. Achieving more work with less fuel consumption will increase the productivity of enterprises. The chemical energy obtained from the fuel consumed in the use of mechanisation tools is transformed into heat and mechanical energy as a result of combustion. It is also transformed into work by clutch, transmission and power transmission within the system. General efficiency in this system can be calculated by the formula (1) below.

$$\text{Overall efficiency} = \text{Work obtained} / \text{Fuel energy} \quad (1)$$

The high level of general efficiency depends on the compatibility of the agricultural machinery working together with the tractor. Converting the structural condition of the machines into useful work will lead to efficient operation of the system. According to the nature of the work done in

agricultural production; the geometric structure of the handler used in soil tillage, the structure of the pumps and pipes used in irrigation systems, the advantages of precision agricultural practices, etc. play an effective role in work efficiency. Although it is expected that the product obtained with the increase in the energy consumed will increase, this increase will be within certain limits. With a good work organisation, the harmonious operation of the machines and the arrangement of the work with steps suitable for the environmental conditions ensure that the work is done with pleasure. This situation contributes to the socio-economic development of the employee.

In our country, the power density in agricultural areas has increased over the years. It is desirable that the annual working time of agricultural tractors should be 1000 hours and combine harvesters should be 800 hours. These values are taken into account in calculations. The average power value can be taken as 40 BG for the tractor and 80 BG for the harvester. If the amount of fuel consumed per BG-hour in diesel engines is 0,2 kg and 80% loading condition is accepted, the annual diesel fuel values consumed:

For tractor $1000 \text{ h} \times 40 \times 0.2 \times 0.80 = 6\,400 \text{ kg}$

For combine harvesters, $800 \text{ h} \times 80 \times 0.2 \times 0.80 = 10.240 \text{ kg}$ (Kadayıfçılar and Yavuzcan, 1968).

Since the number of tractors is 1.566.045 and the number of harvesters is 20.786 in 2023 (TUIK, 2024-b), it can be estimated that the total diesel consumed in agriculture is approximately 10.235,54 thousand tonnes. Considering the future demand projection, the increase in tractors and agricultural machinery will further increase consumption. On the other hand, the use of methane gas in newly developed tractors, the use of electrically powered tractors in agricultural areas and the use of alternative energy sources will become widespread. Thus, the energy sources consumed will be diversified. Turkey's general energy balance should be monitored and planning should be made according to the availability of resources.

Electric energy production is generally obtained through fossil fuels. It is seen that the consumption of electrical energy increases in the enterprises with internal agriculture. In Turkey, while it was 105 kWh/person in 1961, 245 kWh/person in 1970, it was 1891 kWh/person in 2000 and 3931 kWh/person in 2021 (Anonymous 2024-a). In 1964, while 200 villages could be electrified from agricultural electrification infrastructure services, today, all cities and villages have electricity. While it was first used only for lighting houses, barns

and poultry houses in rural farms, today it is seen that it is used at every stage of cultivation of all agricultural products as well as lighting.

Electric energy production in the world increased from 15,565 tWh in 2000 to 21,591 tWh in 2010. 24,315 tWh in 2015, 27,033 tWh in 2020 and 29,925 tWh in 2023 (Figure 1). Electric energy consumption value per capita can be more decisive for comparison (Anonymous, 2024-b).

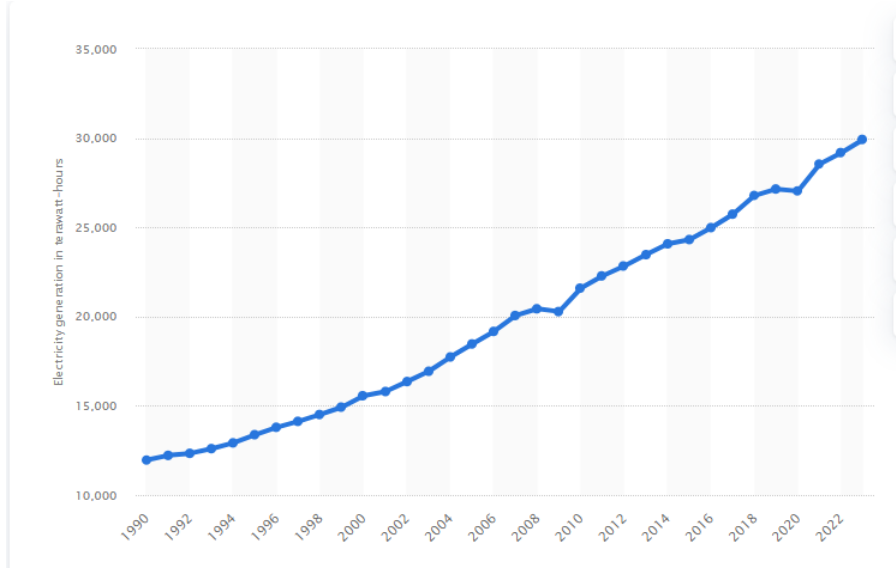


Figure 1. World Electric Energy Production Values (Anonymous, 2024-b).

As of 2022, the total installed capacity in Turkey reached 103276 MW. According to the Turkish Electricity Demand Projection Report, electricity consumption is expected to reach 370 tWh in 2025 and 591 tWh in 2040. In this context, the highest electricity generation in our country is obtained from natural gas (33.2%), coal (30.9%), hydraulic energy (16.7%), wind energy (9.4%), solar energy (4.2%), and geothermal energy (3.2%), respectively. In terms of installed capacity, the largest shares belong to hydraulic energy (30.6%), natural gas (24.5%), coal (21.1%), wind energy (10.9%), solar energy (8.8%) and geothermal energy (1.6%), respectively. By the end of 2022, 9353 solar, 750 hydroelectric, 358 wind, 344 natural gas, 68 coal, 63 geothermal and 490 other source power plants are active in Turkey (Anonymous, 2022).

Conclusion and Discussion

The reason why the use and management of energy consumption in agriculture is an important issue worldwide is the negative aspects caused by fossil fuels. The use of fossil fuels increases the average temperature of the earth's surface caused by carbon dioxide and other greenhouse gases. This situation will manifest itself in global warming, differentiation of the climatic characteristics of the world. For this reason, it is necessary to prioritise the planned introduction of incentives for the use of green energy in order to protect the current energy availability in the agricultural sector and to prevent negative effects on the environment (Taşkın and Vardar 2016).

The amount of energy obtained from natural resources leads to excessive energy consumption as a result of the increase in population. As in all sectors, the first target should be to reduce the energy costs in the product produced in agricultural activities. Maintaining the quality of the product, reducing the energy cost balance sheet values necessitates the effective use of energy. Effective use of energy can be ensured with measures and practices at almost every stage of agricultural production activities.

Energy saving by taking efficiency as a basis will be possible with the effective use of natural energy resources in the agricultural sector.

For the realisation of agricultural activities; various technologies and available resources can be used in the direction of increasing energy efficiency in order to improve the financial structure, reduce energy consumption and environmental impacts. In particular, renewable energy sources can lead the way. Legal procedures of renewable energy sources should be simplified and facilitated.

It should not be forgotten that energy efficiency and efficient use of energy in agricultural enterprises can be achieved with the participation of all production stakeholders. It is inevitable that learning technologies and practical information will bring contributions to both agricultural enterprises and the national economy.

The negative effects of global warming will negatively affect agricultural production. By developing development-oriented agricultural policies for sustainable production, future generations will be able to reach clean environment and clean resources.

It should be ensured that more investments are made for the development of energy resources and the discovery of new natural resources, and that the necessary importance is given to R&D studies in particular.

It is known by everyone that energy is an indispensable resource for meeting the needs of society. Energy, which is used in every field, will provide great

benefits throughout the country if it will be saved. Even small savings to be made in all areas of life will lead to serious increases throughout the country.

As in all sectors, the most important factor to be considered in agricultural activities is to reduce the energy cost of the product produced by reducing the energy cost within the product itself. Reducing the energy cost without reducing the product quality and efficiency is realised through energy efficiency as well as effective use of energy. Many measures and practices can be taken to create an effective energy use in every plant type and at every stage of agricultural activities. In addition to an efficient energy saving, it will be possible to increase the use of natural resources in agricultural enterprises. It is a fact that the protection and conservation of natural resources in a long process is not only limited, but also there is a need for balanced and sustainable agriculture in terms of economic, social and environmental aspects. In particular, there is a need for intensive use of technological tools and improvement of the structure of agricultural enterprises, which are based on productivity and will provide a culture of competitiveness.

Fertiliser consumption in Turkey tends to slow down with the support and incentives provided. Increasing population and changing eating habits of the society lead to an increase in agricultural production. To increase agricultural production, fertilisation, quality seeds and developing mechanisation technologies are required.

Increasing crop yields in agriculture, reducing losses in production will be possible by improving structural conditions that will make energy values economical. Continuous monitoring of production and consumption levels in the sector will provide the most appropriate planning path for the future (Kusek et al. 2015).

REFERENCES

- Akkaya O. S. & Soy, H. (2022). Tarımsal Sulama Uygulamaları için Akıllı Su Sayacı Tasarımı, *Five Zero*, 2(1), 28-34.
- Anonymous (2022). T.C. Enerji ve Tabii Kaynaklar Bakanlığı. (2022). Enerji. Erişim adresi: www.enerji.gov.tr
- Anonymous (2024-a). <https://cevreselegostergeler.csb.gov.tr/yakita-gore-birincil-enerji-tuketimi85801#:~:text=2021%20y%C4%B1l%C4%B1%20itibar%C4%B1yla%20AB%2D27,di%C4%9Fer%20kaynaklardan%20kar%C5%9F%C4%B1lanm%C4%B1%C5%9Ft%C4%B1r%5Bi%5D>.
- Anonymous (2024-b). Electricity generation worldwide from 1990 to 2023 Statista, <https://www.statista.com/statistics/270281/electricity-generation-worldwide/>
- Kadayıfçılar, S., Yavuzcan, G., (1968). Ziraat Makineleri İşletmeciliği. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları. Yay. No: 364 Yardımcı Ders Kitabı 126, 1. Cilt, Ankara.
- Kaya, A., & Budak, D. B. (2023). Use of Renewable Energy in Agriculture in Terms of Sustainability: Hatay/Turkey Example. *Türk Tarım Ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 10(1), 15-22. <https://doi.org/10.30910/turkjans.1131613>
- Kusek, G., Ozturk, H. H., & Akdemir, S. (2015, October). Energy use in agriculture sector of Turkey. In *Proceedings* (pp. 33-40).
- Öztürk H.H. Kaya D. Ekinci, K. Ertekin, C. Yıldız O. Başçetinçelik A. 2009. Biyogazdan Birleşik Isı ve Güç Üretimi İçin Enerji ve Çevresel Etki Değerlendirmesi. V. Yeni ve Yenilenebilir Enerji Kaynakları Sempozyumu, 16-17 Ekim 2009, Kayseri, Bildiriler Kitabı: 154-161, MMO Yayın No: E/2009/512, ISBN: 978-9944-89-798-3.
- Taşkın.,O.,Vardar A.(2016). Tarımsal Üretimde Bazı Yenilenebilir Enerji Kaynakları Kullanımı. Uludağ . Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Dergisi, 2016, Cilt 30, Sayı 1, 179-184 (Journal of Agricultural Faculty of Uludag University)
- TEİAŞ. (2021). Türkiye elektrik üretim-iletim istatistikleri 3-grafik I. IV- 2021 kurulu gücünün birincil enerji kaynaklarına göre dağılımı (MW). Türkiye Elektrik İletim Anonim Şirketi. <https://www.teias.gov.tr/turkiye-elektrik-uretim-iletim-istatistikleri>
- TUIK, 2024-a. Türkiye istatistik Kurumu. Nüfus Projeksiyonları, 2023-2100 <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Nufus-Projeksiyonlari-2023-2100-53699&dil=1>
- TUIK, 2024-b. Türkiye istatistik Kurumu. Tarım Makineleri İstatistikleri <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1>

Chapter 2

Evaluating Bacterial Surface Resistance of Wood Fiber and Paper-Based Composite Panels for Hygiene Applications: A Laboratory case study

Merve ENGİN¹
Arif Çağlar KONUKÇU²

¹ Associate Prof. Dr., Izmir Katip Celebi University, Faculty of Forestry, Department of Forest Industrial Engineering, 35620 Cigli/İzmir/Türkiye
merve.engin.demirok@ikcu.edu.tr (ORCID ID: 0000-0003-2298-4031)

² Associate Prof. Dr., Izmir Katip Celebi University, Faculty of Forestry, Department of Forest Industrial Engineering, 35620 Cigli/İzmir/Türkiye
arifcaglar.konukcu@ikcu.edu.tr (ORCID ID: 0000-0002-7955-7172)

1. Introduction

This book chapter on wood-based composite panels and their bacterial resistance not only provides a brief exploration of wood-based composite materials, and evaluation of waste paper for fiber and paper-based composite panel production but also represents data from laboratory-based study about the bacterial resistance of fiber and paper-based composite panels after surface treatment with glutaraldehyde solutions having different ratios.

Wood-based composite materials are commonly used indoors for both structural and decorative purposes, and they typically complement one another when used to create furniture, floors, ceilings, and walls (Alapieti et al. 2020). Wood-based composite panels are engineered wood products composed of natural wood fibers, wood chips and synthetic additives. The primary components include wood fibers or wood chips, waste paper grades which provide the core structure, and adhesives that bind these components together. Additives such as phenol-formaldehyde, urea-formaldehyde, and melamine-formaldehyde resins are commonly binding agents to enhance the board's structural integrity and moisture resistance (Zhang, 2023a). As a complementary product, wood-based composite panels can be categorised into four main types: plywood, particle and fiberboards, and wood–nonwood composites (Youngquist, 1999; Barbu et al. 2014; Zhang, 2023a). Each category has distinct characteristics and uses, with plywood being widely used in construction, oriented strand board (OSB) in structural applications, fiberboard (FB) and particleboard (PB) in furniture and interior products (Youngquist, 1999; Zhang, 2023a). Additionally, fire retardants, preservatives, and anti-fungal agents may be incorporated to improve safety and longevity of wood-based composite panels (Sandberg, 2016; Youngquist, 1999). These boards are engineered to optimize the physical properties of wood and enhance performance in various applications, making them a versatile material in construction and manufacturing. Figure 1 displayed a general flowchart for the production of wood-based composites.

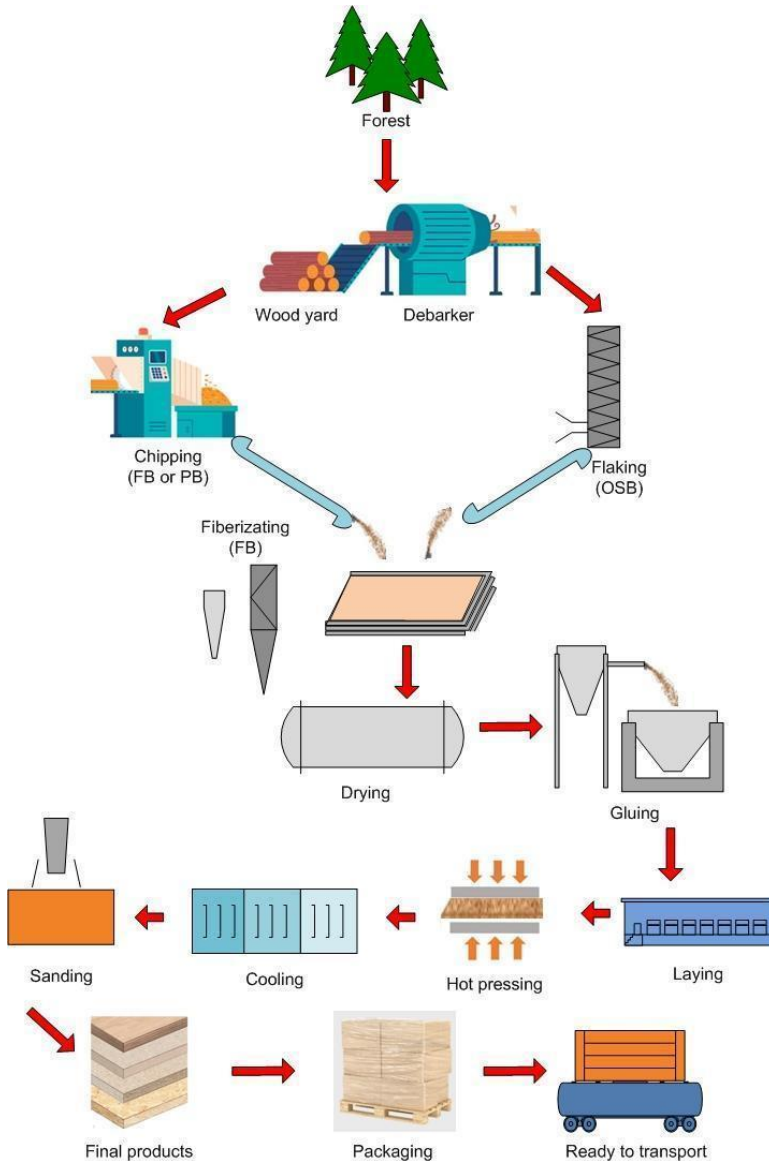


Figure 1. An overview of the manufacturing process for wood-based composites (PB: particleboard, FB: fiberboard, OSB: Oriented Strand Board)

In comparison to particleboard or plywood, fiberboard offers strength and quality that are unmatched by other wood-based composites. A fiberboard is a preferred material because it is straight, strong, dense, machine-friendly, and knot-free. Since fiberboard is void-free, it can be made with sharp edges without being harmed. Due to its different sizes and physical characteristics, it can be used to create end products that are commonly used in the building and

construction industry, such as insulation material with the appropriate density and board properties (Awang vd. 2023; Gonçalves vd. 2021; Ormondroyd and Stefanowski 2015). However, Medium Density Fiberboard (MDF) is highly susceptible to mold and rot, and because of its structure, which allows it to absorb moisture from the air, it creates an ideal environment for the growth of bacteria. (Zhu et al. 2023; Zhang et al. 2023b). While untreated fiberboard is acceptable in indoor spaces, treatment is often necessary to protect against wood-degrading fungi and pests, depending on the type of wood-based composite material, the location, and the desired look. To shield wood surfaces indoors from stains, scratches, and weathering, coatings are also commonly applied (Hristozov et al. 2018). Adhesives, insecticides, solvents, resin binders, waterproofing agents, stains, pigments, paints, and varnishes are just a few of the chemicals that are used in wood processing (Hedge, 2015; Munir et al. 2019). Although some of these chemicals have the potential to be toxic (Wang et al. 2015), nontoxic materials are preferred for wood treatments (EPA, 2024).

The recycling of wood-based products, the sustainability of natural resources, and the reduction of environmental impacts by evaluating waste are among the subjects of study that gain more and more value each passing day in economic terms.

In the construction and building sector, fiberboard and particleboard are common wood-based insulating materials. Depending on the application, they can be produced at varying densities. The Food and Agriculture Organization (FAO) reported that the production of wood-based composite panels has been steadily increasing since 2009. After a pause in 2020, the production of wood-based composite panels resumed growth; 402 million m³ were produced in 2021, a 126 percent increase from 2000 (FAO 2023). Europe was estimated to have consumed 10.3 million m³ of fiberboard in 2012 (“European Panel Federation (EPF),” 2014). Research to develop processes to minimise deforestation and improve waste management through the use of low-cost, sustainable and potentially renewable lignocellulosic composite resources is also gaining importance (Karade 2010 ; Antov et al. 2018). The use of substitute products to preserve forest resources has been the main focus of fiberboard research (Saadaoui et al. 2013).

The predominant portion of waste generated worldwide is composed of wood-based composite materials (Ojo vd. 2019). As is known paper-based products, which are wood-based composite materials, are also produced according to different types and criteria and are consumed in large quantities worldwide. Waste paper, sometimes referred to as used paper, can be examined and utilized as a possible source of raw materials without the need for the labor-intensive

deinking, precise classification, and decontamination procedures needed to produce fiberboard (Grigoriou, 2003). There are studies in the literature on enhancing the dimensional stability or mechanical characteristics of fiberboards by using paper waste (Krzysik et al. 1993; Hwang et al. 2005; Ayrimis 2012; Olgun et al. 2014; Ramezani Sani and Enayati 2020; De Castro Sales et al. 2021; Moezzi pour and Moezzi pour 2021). Similarly, numerous studies have been conducted on the use of recovered paper in the production of another type of wood-based composite panel, particleboard, according to a literature search. But in the majority of them, wastepaper was utilized as pulp (Abdolzadeh and Doosthoseini 2009; Eshraghi and Khademislam 2012), sludge (Taramian et al. 2007), or flake (Grigoriou 2003; Rassam 2008; Nourbakhsh and Ashori 2010) or in shredded form (Konukcu and Engin 2024).

The emergence of a new board product using waste paper together with wood fiber will be economically important. In addition to the general physical and mechanical properties expected of the board, another feature that may be expected of the board in the future can be the providing antibacterial surface properties. Since the COVID-19 pandemic, there has been a focus on research on stopping the spread of microorganisms and, specifically, on developing surfaces that either eliminate or inhibit the adherence of microorganisms or viruses to the materials we use daily (Balasubramaniam et al. 2020).

Hygiene expectations from boards

The issue of improving the antibacterial qualities of interior materials is becoming more and more important as worries about indoor air quality due to microbial and chemical contamination in boards (Jerábková et al. 2018). For example, the effects of mould and bacteria as indoor pollutants, often originating from building materials, affect human health. It was understood that wood-based boards are not at all resistant to mould growth. Moulds grow easily on these surfaces under conditions of higher air moisture and without draught (Johansson et al. 2005; Jerábková et al. 2018). Mould spores can cause respiratory problems such as asthma, rhinitis or bronchitis (Crook 2010, Joshi 2008). These wood-based materials pose a risk of contamination by moulds which can of course spread to other materials used in construction and to the air and thus can be very dangerous to humans.

In recent years, there has been increasing interest in adding antibacterial properties to the surfaces of these wood-based products. Various studies have been carried out on antibacterial wood-based material surfaces, but they are not sufficient (Dorieh et al. 2022, Feng et al. 2022; Jian et al. 2023).

Bacterial resistance

Bacterial resistance of boards, particularly in contexts such as hospital environments, food preparation areas, or any high-traffic public spaces, is important for several reasons. In terms of users, the reasons for health protection, safety assurance, and lower maintenance can be particularly significant. Additionally, market demand, regulatory compliance, product longevity and brand reputation can all be very important factors for producers. Overall, the bacterial resistance of boards plays a critical role in ensuring safety for users and creating competitive advantages for producers (Munir 2021; Yong and Calautit, 2023).

Several antimicrobial chemicals, such as silver nanoparticles, copper-based compounds, quaternary ammonium compounds (QACs), chitosan, and organic acids, are used to increase the surface resistance of materials against bacteria (Zhang et al. 2023c). These substances mainly cause oxidative stress in bacteria by rupturing bacterial cell membranes, blocking protein function, or producing reactive oxygen species (ROS). The capacity of silver nanoparticles to release silver ions, which react with bacterial enzymes and DNA to cause cell death, is one of the reasons for their potent antimicrobial activity (Slavin et al. 2017). Similar effects are seen by compounds based on copper, which harm bacterial cell walls and obstruct vital metabolic functions (Grass et al. 2011). Surface-active compounds known as QACs attach to the negatively charged bacterial cell membranes, disrupting the membrane and allowing cells to leak out (Nadagouda et al. 2022). Organic acids and chitosan disrupt the integrity of the bacterial cell wall, leading to osmotic imbalances and eventual cell death (Kong et al 2010). In addition to these substances, glutaraldehyde is also believed to have potential applications as an anti-bacterial surface coating agent (Kampf and Kampf 2018; Bordas et al. 2005; Katagiri et al. 2006; Zhang et al. 2011). Because of its broad-spectrum activity, quick and long-lasting action, efficacy in challenging environments, capacity to cross-link proteins, and adaptability to various surfaces, glutaraldehyde can be chosen over silver nanoparticles, copper-based compounds, QACs, chitosan, and organic acids (Migneault et al. 2004; Despain, 2016; Jiang et al. 2023). It is especially useful in situations where antimicrobial protection needs to be provided quickly and reliably, like in industrial and healthcare settings.

Glutaraldehyde is an oily, colourless liquid with a strong smell that, at room temperature, mixes well with benzene, alcohol, and water (Kampf and Kampf 2018). Glutaraldehyde is used in many different ways. Paper mill process water systems, water floods, metalworking fluids, air washers, water-based conveyor lubricants, and industrial scrubbers are some of the areas of use. These domains

comprise, in particular, gas production and transmission pipe systems, oil storage tanks, drilling muds, packer fluids, drilling, completion, and workover fluids (Kampf and Kampf 2018). Additionally, glutaraldehyde is primarily used (in varied amounts, depending on the formulation) to disinfect inanimate surfaces in human medicine. Similarly, antiseptic solutions containing glutaraldehyde (GA), which has the ability to both sterilize and inactivate viruses, are used in hospitals to sanitize medical equipment (Kampf and Kampf 2018; Bordas et al. 2005; Katagiri et al. 2006; Zhang et al. 2011). Glutaraldehyde (GA), a dialdehyde, can react with the –OH groups in wood through ether bonds (Xiao et al. 2010). Wood treated with low-concentration glutaraldehyde (GA) can significantly improve its dimensional stability, resistance to fungal decay, and decreased vapour sorption and capillary water uptake. (Yusuf et al. 1994, 1995; Xiao et al. 2010, 2012; Xie et al. 2011).

In another work (Akinyemi et al. 2019) on the use of glutaraldehyde as a binder for particleboard, some physical and mechanical properties of particleboards made from wood chip waste and starch modified with glutaraldehyde were investigated. When used in non-load-bearing applications, these modified starch-glutaraldehyde bonded boards showed better performance than the unmodified particleboards (Akinyemi et al. 2019). Furthermore, it has been found that the growth of bacteria and fungi on the surface of wood-based paper materials is inhibited at an optimal concentration when glutaraldehyde-containing solutions are applied as paper coating paint (Engin, 2022).

2. The laboratory-scale research

For the laboratory case study and its purpose, it is important to re-evaluate used paper waste produce a product with high added value and transform it into a new product. Within the scope of this work, two different wood-based materials; used paper and wood fibers were used together to obtain a new environmentally friendly product. In this project, waste office paper and wood fibers were used both separately and together in fiberboard production, and boards containing urea-formaldehyde (UF) glue (15%) with three different mixing ratios (0/100, 50/50 and 100/0) were produced. Glutaraldehyde-containing solutions were applied in varying concentrations to the surfaces of the laboratory-produced boards. The state of bacterial growth and spread on the surface of these boards was then determined using hygiene kits.

Production of laboratory-made boards

Figure 2 illustrates the production process for a single-layer composite board made of paper and wood fibers. The waste office paper was first cut into 2x15

mm pieces using a paper shredder machine. Subsequently, UF resin (15%) was combined with wood fiber and shredded waste office paper in a machine-operated mixer until a homogenous mixture was achieved. For mat formation, the mixture was layered into a mold measuring 320 x 360 mm². After that, the mats were heated to 170°C for 5 minutes using a hydraulic hot press that was operating at 3 MPa of pressure. In the study, three distinct kinds of composite panels were produced. The composite panels were all the same thickness—10 mm.

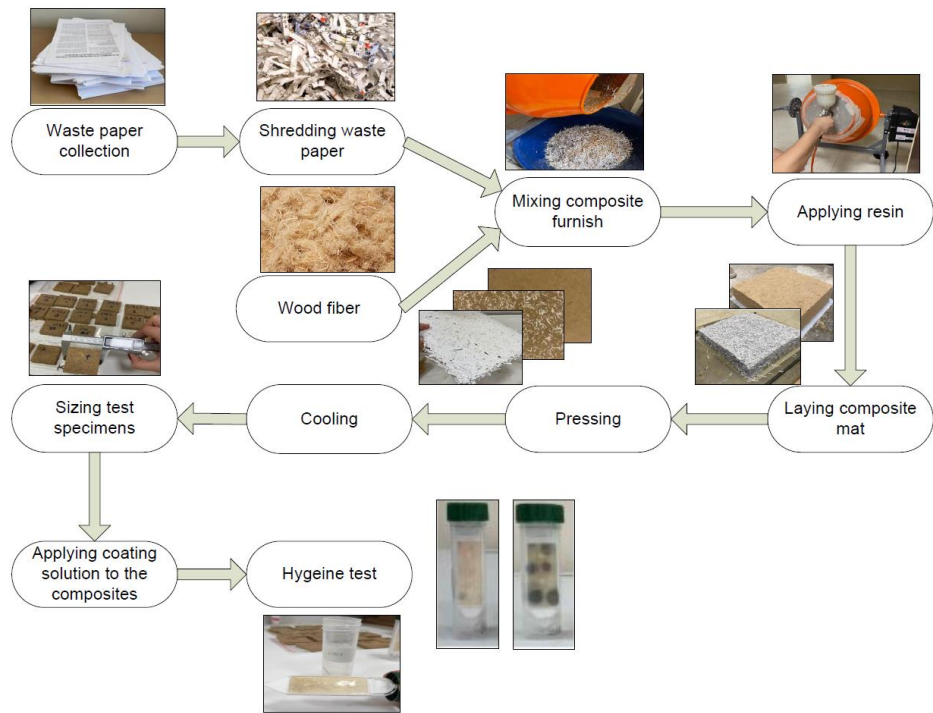


Figure 2. Flowchart of the manufacturing process for laboratory-based composites

Preparation of coating solutions

Distilled water, commercial Alfasol Glutaraldehyde chemical (GA 50%), and carboxymethyl cellulose (CMC 2%) were used to prepare the mixture. The CMC (2%) solution and distilled water were heated to 50 °C and stirred constantly until the CMC was completely dissolved. The modified solutions containing 2% CMC were mixed with glutaraldehyde chemical (as shown in Table 1 for target 1, 2, 5, 10 and 20 % contents). These prepared uniform coating colour formulations were then sonicated for a sufficient time. These solutions were cooled at room temperature and applied to the board surface at 23 °C after being individually.

Table 1. Coating colours and their contents

Coating Colour Code	Glutaraldehyde (%)	Binder (CMC) (%)
1	1	2
2	2	2
3	5	2
4	10	2
5	20	2

Applying surface treatment to the boards

These coating colours were applied to board surfaces using a paintbrush. The formulation was applied evenly to both surfaces of each sample using a paintbrush. To ensure purity and uniform solution distribution on the surface, the paint was applied using a brand-new brush at a constant speed and pressure. After surface coating, treated board samples were allowed to dry naturally for 24 hours in normal room conditions. The board sample was coated and dried on both sides, resulting in boards having both-sided treatment with glutaraldehyde. Table 2 shows how coated boards were classified based on the colour formulation used.

Determination of the effect of glutaraldehyde on the bacterial resistance of the boards

The coated composite panels were tested for bacterial activity against microbial samples present on the surface of unwashed human hands and unwashed laboratory workbenches. Bacterial growth was monitored on the surfaces of composite panels using the Hytech Slide® hygiene test kit. All test samples were contacted with the growth medium in the test kits for 5-6 seconds, then the samples were kept in an oven at 35 °C for 120 hours to observe bacterial growth.

Table 2. Codes given to board specimens

Specimen Code	Coated Colour	Composite Panel Content	
		Waste Paper (%)	Wood Fiber (%)
F1	1	0	100
F2	2		
F5	3		
F10	4		
F20	5		
PF1	1	50	50
PF2	2		
PF5	3		
PF10	4		
PF20	5		
P1	1	100	0
P2	2		
P5	3		
P10	4		
P20	5		

Evaluation of research results

In the laboratory study, the bacterial growth in the surfaces of composite panels treated with glutaraldehyde solution at varying concentrations was tracked every 24 hours until the end of the 120th hour for each composite panel group produced (F, PF, and P). The images are provided in the relevant Table 3-5, respectively for wood fiber (F), wood fiber and waste paper (PF) and waste paper (P). Regardless of the composite panel content, the samples taken from the specimen surfaces generally demonstrated increases in the presence of bacteria over time, as long as the environmental conditions and nutrients necessary for bacterial growth were present. Examining the hygiene test kits after the first 24 hours revealed that, generally there was a slight increase depending on the time, but no appreciable bacterial growth on any of the specimens treated with a solution containing 20% glutaraldehyde concentration. This demonstrates that increasing the glutaraldehyde concentration can stop bacterial growth on the surface of the composite panels. Composite boards containing wood fiber showed increased bacterial growth regardless of the glutaraldehyde solution applied to their surface. On the other hand, the composite panels that contained waste paper showed significantly slower and lower rates of bacterial growth. The impact of paper-coating surface treatments on the absorptiveness of paper can explain these

disparate results. The shredded waste papers were unable to completely absorb the additional glutaraldehyde surface solutions due to the paper's surface treatment, such as coating; consequently, a greater amount of glutaraldehyde solution remained on the surface of the composite panels than those with wood fibers. Despite the necessary nutrients and environmental conditions, bacterial growth continued to progress slowly on the surface of paper-based boards, especially those treated with 20% glutaraldehyde, even after 120 hours as seen in Table 5.

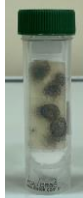
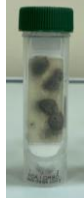
Table 3. The bacterial growth in the surfaces of wood fiber (100 %) composite panels

Specimen Code	24. Hour	48. Hour	72. Hour	96. Hour	120. Hour
F1					
F2					
F5					
F10					
F20					

Table 4. The bacterial growth in the surfaces of wood fiber – waste paper (50-50 %) composite panels

Specimen Code	24. Hour	48. Hour	72. Hour	96. Hour	120. Hour
PF1					
PF2					
PF5					
PF10					
PF20					

Table 5. The bacterial growth in the surfaces of wood paper (100 %) composite panels

Specimen Code	24. Hour	48. Hour	72. Hour	96. Hour	120. Hour
P1					
P2					
P5					
P10					
P20					

3. Conclusion

Composite boards are widely used for different purposes in various environments. The production methods and the components of composite boards can be changed depending on the expectations of producers and consumers. Adequate bacterial resistance in composite and wood-based boards is essential for their use in a variety of settings, particularly those where moisture and microbial development, such as bathroom, kitchen cupboards and laboratory workbenches are prevalent. Factors such as the type of components, additives like

antimicrobial agents, and protective surface coatings play significant roles in improving the durability and hygiene of composite boards.

The results of a laboratory-scale study introducing the manufactured composite boards after surface treatment to enhance their durability and hygienic qualities have been presented in this chapter. Glutaraldehyde is a chemical that is widely used in hospitals and medical settings to clean medical equipment and inactivate viruses. It is also used to disinfect inanimate surfaces. For this purpose, the bacterial resistance of several laboratory-based composite board types has been investigated through surface treatment with solutions containing glutaraldehyde at varying concentrations. Regarding bacterial resistance, the composite board composed entirely of waste paper treated with a 20% glutaraldehyde coating solution demonstrated encouraging outcomes.

In conclusion, the improvements in bacterial resistance of these composite boards will have significant implications for producers in different sectors such as construction and furniture etc. and users by ensuring safer and more durable products for consumers.

4. References

- Abdolzadeh, H., ve Doosthoseini, K. (2009). Evaluation of old corrugated container and wood fiber application on surface roughness of three-layer particleboard. *BioResources*, 4(3), 970–978.
- Akinyemi, B. A., Olamide, O., Oluwasogo, D. (2019). Formaldehyde free particleboards from wood chip wastes using glutaraldehyde modified cassava starch as binder. *Case Studies in Construction Materials*, 11, e00236.
- Alapieti, T., Mikkola, R., Pasanen, P., Salonen, H. (2020). The influence of wooden interior materials on indoor environment: a review. *European Journal of Wood and Wood Products*, 78, 617-634.
- Antov, P., Savov, V., Neykov, N. (2018). Influence of the Composition on the Exploitation Properties of Combined Medium Density Fibreboards Manufactured with Coniferous Wood Residues, *European Mechanical Science Journal*, 2(4), 140-145.
- Awang, R., Wahab, N. A., Ibrahim, Z., and Aziz, A. A. (2023). “Medium density fibreboard (MDF) from oil palm fibre: A review,” *Malaysian Journal of Analytical Sciences* 27(3), 626-640.
- Ayrlimis, N. (2012). “Enhancement of dimensional stability and mechanical properties of light MDF by adding melamine resin impregnated paper waste,” *International Journal of Adhesion and Adhesives* 33, 45-49.
- Balasubramaniam, B., Prateek, Ranjan, S., Saraf, M., Kar, P., Singh, S. P., Thakur, V. K., Singh, A., Gupta, R. K. (2020). Antibacterial and antiviral functional materials: chemistry and biological activity toward tackling COVID-19-like pandemics. *ACS Pharmacology & Translational Science*, 4(1), 8-54.
- Barbu, M. C., Reh, R., Irle, M. (2014). Wood-based composites. In *Research Developments in Wood Engineering and Technology* (pp. 1-45). IGI Global.
- Bordas, J. M., Marcos-Maesó, M. A., Perez, M. J., Llach, J., Gines, A., Pique, J. M. (2005). GI flexible endoscope disinfection: "in use" test comparative study. *Hepato-gastroenterology*, 52(63), 800-807.
- Crook, B., Burton, N. C., (2010) Indoor moulds, sick building syndrome and building related illness, *Fungal Biology Reviews* 24 (3-4): 106-113.
- De Castro Sales, D., Cabral, A. E., Medeiros Jr, M. S. (2021). Development of fiberboard panels manufactured from reclaimed cement bags. *Journal of Building Engineering*, 34, 101525.
- Despain, J. T. (2016). The activity of alkaline glutaraldehyde against bacterial endospores and select non-enveloped viruses. Brigham Young University.

- Dorieh, A., Pour, M. F., Movahed, S. G., Pizzi, A., Selakjani, P. P., Kiamahalleh, M. V., Hatefnia, H., Shahavi, M. H., Aghaei, R. (2022). A review of recent progress in melamine-formaldehyde resin based nanocomposites as coating materials. *Progress in Organic Coatings*, 165, 106768.
- Engin, M. (2022). An examination of the characteristics of cellulosic handsheets treated with glutaraldehyde. *Cellulose chemistry and technology*, 56(9-10), 1049-1059.
- EPA. Overview of Wood Preservative Chemicals. Available online: <https://www.epa.gov/ingredients-used-pesticide-products/overview-wood-preservative-chemicals> (accessed on 4 September 2024).
- Eshraghi, A., and Khademieslam, H. (2012). "Waste paperboard in composition panels," *Cellulose Chemistry and Technology* 46(9–10), 637-642.
- FAO Statistical Yearbook 2023. Available online: https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/28cfd24e-81a9-4ebc-b2b5-4095fe5b1dab/content/cc8166en.html#chapter-2_4 (accessed on 12 September 2012).
- Feng, B., Zhang, S., Wang, D., Li, Y., Zheng, P., Gao, L., Huo, D., Cheng, L., Wei, S. (2022). Study on antibacterial wood coatings with soybean protein isolate nano-silver hydrosol. *Progress in Organic Coatings*, 165, 106766.
- Gonçalves, D., Bordado, J. M., Marques, A. C., and Galhano dos Santos, R. (2021). "Non-formaldehyde, bio-based adhesives for use in wood-based panel manufacturing industry—A review," *Polymers* 13(23), 4086. DOI: 10.3390/polym13234086
- Grass, G., Rensing, C., & Solioz, M. (2011). Metallic copper as an antimicrobial surface. *Applied and environmental microbiology*, 77(5), 1541-1547.
- Grigoriou, A. H. (2003). "Waste paper-wood composites bonded with isocyanate," *Wood Science and Technology* 37(1), 79-89.
- Hedge, A. (2015). Survival of *Escherichia coli*, *Pseudomona aeruginosa*, *Staphylococcus aureus* on wood and plastic surfaces. *Journal of Microbial and Biochemical Technology*, 7(4), 210-212.
- Hristozov, D., Pizzol, L., Basei, G., Zabeo, A., Mackevica, A., Hansen, S. F., Gosens, I., Flemming, R. C., Jong, W. D., Koivisto, A. J., Neubauer, N., Jimenez, A. S., Semenzin, E., Subramanian, V., Fransman, W., Jensen, K. A., Wohlleben, W., Stone, V., Marcomini, A. (2018). Quantitative human health risk assessment along the lifecycle of nano-scale copper-based wood preservatives. *Nanotoxicology*, 12(7), 747-765.
- Hwang, C. Y., Hse, C. Y., and Shupe, T. F. (2005). "Effects of recycled fiber on the properties of fiberboard panels," *Forest Products Journal* 55(11), 60-64.

- Jerábková, E., Tesarová, D., Polášková, H. (2018). Resistance of various materials and coatings used in wood constructions to growth of microorganisms. *Wood Res*, 63, 993-1002.
- Jian, H., Liang, Y., Deng, C., Xu, J., Liu, Y., Shi, J., Wen, M., Park, H. J. (2023). Research progress on the improvement of flame retardancy, hydrophobicity, and antibacterial properties of wood surfaces. *Polymers*, 15(4), 951.
- Jiang, L. X., Guo, L., Shapleigh, J. P., Liu, Y., Huang, Y., Lian, J. S., Xie, L., Deng, L. W., Wang, W. G., Wang, L. (2023). The long-term effect of glutaraldehyde on the bacterial community in anaerobic ammonium oxidation reactor. *Bioresource Technology*, 385, 129448.
- Johansson, P., Samuelson, I., Ekstrand-Tobin, A., Mjörnell, K., Sandberg, P. I., Sikander, E. (2005). Microbiological growth on building materials—critical moisture levels. State of the art. SP Rapport, 11.
- Joshi, S. M. (2008). The sick building syndrome. *Indian Journal of Occupational & Environmental Medicine* 12 (2): 61-64.
- Kampf, G., Kampf, G. (2018). Glutaraldehyde. *Antiseptic Stewardship: Biocide Resistance and Clinical Implications*, 131-160.
- Karade, S. R. (2010). Cement-bonded composites from lignocellulosic wastes. *Construction and building materials*, 24(8), 1323-1330.
- Katagiri, H., Suzuki, T., Aizawa, Y., Kadowaki, T. (2006). Indoor glutaraldehyde levels in the endoscope disinfecting room and subjective symptoms among workers. *Industrial Health*, 44(2), 225-229.
- Kong, M., Chen, X. G., Xing, K., Park, H. J. (2010). Antimicrobial properties of chitosan and mode of action: a state of the art review. *International journal of food microbiology*, 144(1), 51-63.
- Konukcu, A. C., Engin, M. (2024). Shredded waste office paper as a component with wood particles in the production of particleboard. *BioResources*, 19(3), 5935.
- Krzysik, A. M., Youngquist J. A., Rowell R. M., Muehl J. H., Chow P., and Shook S. R., (1993). "Feasibility of using recycled newspapers as a fiber source for dry-process hardboards," *Forest Products Journal* 43(7-8), 53-58
- Migneault, I., Dartiguenave, C., Bertrand, M. J., Waldron, K. C. (2004). Glutaraldehyde: behavior in aqueous solution, reaction with proteins, and application to enzyme crosslinking. *Biotechniques*, 37(5), 790-802.
- Moezzi-pour, B., and Moezzi-pour, A. (2021). "Thermal behavior of insulation fiberboards made from MDF and paper wastes," *Wood Industry/Drvna Industrija* 72(3), 245-254.

- Munir, M. T., Pailhories, H., Eveillard, M., Aviat, F., Lepelletier, D., Belloncle, C., Federighi, M. (2019). Antimicrobial characteristics of untreated wood: Towards a hygienic environment. *Health*, 11(2), 152-170.
- Munir, M. T. (2021). Wood and hospital hygiene: Investigating the hygienic safety and antimicrobial properties of wood materials (Doctoral dissertation, École centrale de Nantes).
- Nadagouda, M. N., Vijayasathya, P., Sin, A., Nam, H., Khan, S., Parambath, J. B., Mohamed, A. A., Han, C. (2022). Antimicrobial activity of quaternary ammonium salts: Structure-activity relationship. *Medicinal Chemistry Research*, 31(10), 1663-1678.
- Nourbakhsh, A., and Ashori, A. (2010). "Particleboard made from waste paper treated with maleic anhydride," *Waste Management and Research* 28(1), 51-55.
- Ojo, E. O., Okwu, M., Edomwonyi-Otu, L., & Oyawale, F. A. (2019). Initial assessment of reuse of sustainable wastes for fibreboard production: the case of waste paper and water hyacinth. *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 21(5), 1177-1187.
- Olgun, Ç., Ateş, S., Akça, M., Külçe, T., Kabaca, Ö., İlhan, E., Karaoğlu, Z., Kaya, M. (2014). Çeşitli Atık Kağıtların MDF Üretim Sürecinde Hammaddeler Olarak Değerlendirilmesi. II. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu 22-24 Ekim – Isparta.
- Ormondroyd, G. A., and Stefanowski, B. (2015). "Fibreboards and their applications," in: *Wood Composites*, Woodhead Publishing, Amsterdam, Netherlands.
- Ramezani Sani, F., Enayati, A. A. (2020). Reduced use of urea-formaldehyde resin and press time due to the use of melamine resin-impregnated paper waste in MDF. *Journal of the Indian Academy of Wood Science*, 17, 100-105.
- Rassam, G. (2008). "Use of soy/PF resin for old corrugated container (OCC)-wood composites," *Materials Letters* 62(17-18), 3236-3239.
- Saadaoui, N., Rouilly, A., Fares, K., and Rigal, L. (2013). "Characterization of date palm lignocellulosic by-products and self-bonded composite materials obtained thereof," *Materials & Design* 50, 302-308.
- Sandberg, D. (2016). Additives in wood products—today and future development. *Environmental impacts of traditional and innovative forest-based Bioproducts*, 105-172.
- Slavin, Y. N., Asnis, J., Hírfeli, U. O., Bach, H. (2017). Metal nanoparticles: understanding the mechanisms behind antibacterial activity. *Journal of nanobiotechnology*, 15, 1-20.

- Taramian, A., Doosthoseini, K., Mirshokraii, S. A., & Faezipour, M. (2007). Particleboard manufacturing: an innovative way to recycle paper sludge. *Waste management*, 27(12), 1739-1746.
- Wang, Y., Zhang, Y., Li, X., Sun, M., Wei, Z., Wang, Y., Gao, A., Chen, D., Xin, Zhao, X., Feng, X. (2015). Exploring the effects of different types of surfactants on zebrafish embryos and larvae. *Scientific reports*, 5(1), 10107.
- Xiao, Z., Xie, Y., Militz, H., Mai, C. (2010). Effect of glutaraldehyde on water-related properties of solid wood.
- Xiao, Z., Xie, Y., Mai, C. (2012). The fungal resistance of wood modified with glutaraldehyde. *Holzforschung* 66, 237–243.
- Xie, Y., Hill, C. A. S., Xiao, Z., Mai, C., Militz, H. (2011). Dynamic water vapour sorption properties of wood treated with glutaraldehyde. *Wood Sci Technol* 45, 49–61.
- Yong, L. X., Calautit, J. K. (2023). A comprehensive review on the integration of antimicrobial technologies onto various surfaces of the built environment. *Sustainability*, 15(4), 3394.
- Youngquist, J. A. (1999). Wood-based composites and panel products. *Wood handbook: wood as an engineering material*. Madison, WI: USDA Forest Service, Forest Products Laboratory, 1999. General technical report FPL; GTR-113: Pages 10.1-10.31, 113.
- Yusuf, S., Imamura, Y., Takahashi, M., Minato, K. (1994). Biological resistance of aldehyde-treated wood. Document-the International Research Group on Wood Preservation (Sweden), (94).
- Yusuf, S., Imamura, Y., Takahashi, M., Minato, K. (1995). Biological resistance of wood chemically modified with non-formaldehyde cross-linking agents. *Journal of the Japan Wood Research Society*, 41(2), 163-169.
- Zhang, J. (2023a). Introductory Chapter: Engineering Wood Review. In *Current Applications of Engineered Wood*. IntechOpen.
- Zhang, X., Kong, J., Tang, P., Wang, S., Hyder, Q., Sun, G., Zhang, R., Yang, Y. (2011). Current status of cleaning and disinfection for gastrointestinal endoscopy in China: a survey of 122 endoscopy units. *Digestive and Liver Disease*, 43(4), 305-308.
- Zhang, H., Feng, X., Wu, Y., Wu, Z. (2023b). Effect of photoinitiator concentration and film thickness on the properties of UV-curable self-matting coating for wood-based panels. *Forests*, 14(6), 1189.
- Zhang, Y., Chen, Z., Du, K., Bi, Y., Su, J., Zhang, Y., Shen, Y., Zhang, S. (2023c). Functional natural wood-plastic composites: A review of

antimicrobial properties and their influencing factors. *Industrial Crops and Products*, 201, 116705.

Zhu, Y., Huang, N., Yan, X. (2023). Effect of three kinds of aloe emodin microcapsules prepared by SDBS, OP-10 and TWEEN-80 emulsifiers on antibacterial, optical and mechanical properties of water-based coating for MDF. *Coatings*, 13(9), 1477.

Bölüm 3

Sazan (*Cyprinus Carpio* L., 1758) Avcılığında Kullanılan Galsama Ağlarının Seçiciliğine İp Kalınlığının Etkisinin Araştırılması

Sabri ARAS¹
Fahrettin YÜKSEL²

¹ Uzman Biyolog; Munzur Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Su Ürünleri Anabilim Dalı, sabriaras@munzur.edu.tr fahrettinyuksel@munzur.edu.tr Orcid No: 0000-0001-7015-4564

² Prof. Dr.; Munzur Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, fahrettinyuksel@munzur.edu.tr

Orcid No: 0000-0001-7015-4564

1. GİRİŞ

Balıkçılıkta seçicilik; “bir balık popülasyonunun bireyleri arasındaki yakalanma olasılığında farklılıklara yol açan herhangi bir süreç” olarak tanımlanabilir (Parrish, 1963). Diğer bir ifadeyle seçicilik; bir av aracının belirli tür ve boydaki balıkları optimum düzeyde avlarken, farklı tür ve boydaki balıkları avlama olasılığının düşmesi veya avlamada tamamen başarısız olmasıdır. Baranov (1914), galsama ağları ile avcılıkta göz büyüklüğü ile balık büyüklüğü arasında bir fonksiyon olduğunu bildirmiştir. Göz büyüklüğü, yakalanan balık büyüklüğünü etkileyen en önemli faktördür. Ayrıca, galsama ağlarının seçiciliğini; ağ gözünün geometrik şekli, donam faktörü, ağ materyalinin yapısı (ip kalınlığı, esnekliği, rengi, görünürlülüğü), bekletme süresi, balık bolluğu, balığın av aracına yaklaşımı, balığın morfolojik yapısı, ağ doluluğu, avlanma yöntemi ve çevresel faktörler etkileyebilmektedir.

Uzatma ağlarında seçiciliği etkileyen en önemli faktör ağ göz büyüklüğü olduğundan dolayı bilimsel çalışmaların çoğu bu konuda yoğunlaşmıştır. Farklı göz büyüklüklerinin seçiliğinin belirlenmesinde ağın seçiciliği etkileyen diğer faktörleri sabit tutulur. Ancak, ağlarda kullanılan ip kalınlığı da yakalanan balığın büyüklüğünü etkileyebilmektedir. İnce iplik daha kalın olana oranla uzatma ağlarının yakalama prensibi göz önüne alındığında normal olarak daha fazla balık yakalar. Fakat ip çapı azaldıkça kopma dayanımı da düşer ve nispeten büyük balıkların ipliği koparak kaçma şansı artar. Bu bakımından göz büyüklüğü ile ip kalınlığı arasındaki oran önem kazanmaktadır (Holst ve ark., 1994).

Bu çalışmanın ortamı olan Keban Barajı, Doğu Anadolu Bölgesi'nin en önemli hidroelektrik santrallerinden biridir. Elektrik üretimi amacıyla 1965-1975 yılları arasında inşa edilmiştir. Keban Barajı, yıllık 6 milyar kWh elektrik üretmekte olup, normal su kotunda alanı 675 km²'dir. Baraj gölünde 1970'li yıllardan buyana balıkçılık faaliyetleri devam etmektedir.

Son yıllarda, balık stoklarından optimum düzeyde ve sürekli yararlanmak, balıkçılık yönetiminin temel ilkesi haline gelmiştir. Bu amaçla av araçlarının seçiciliğinin artırılması ve hedef dışı avın azaltılması ile ilgili bilimsel çalışmalar büyük önem kazanmıştır. Uzatma ağlarında ağ göz büyüklüğü dışında seçiciliği etkileyen faktörlerin etkisinin ne yönde ve ne miktarda olduğunu belirlemeye yönelik araştırmalar yapılmaktadır. Ancak, bu faktörlerin etkisi türlere göre değişiklik gösterebilmektedir. Bu çalışmada, Keban Baraj Gölü'nde sazan avcılığında kullanılan farklı göz genişliği ve ip kalınlığına sahip galsama ağlarının seçiciliğinin araştırılması amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma, Keban Baraj Gölü'nün 5. Avlak Sahası olarak sınırları belirlenmiş olan Pertek Bölgesi'nde yapılmıştır (Şekil 2.1). Avlak sahası, Fatmalı Köyü'nün batısında kalan Akpınar Tepesi ile Gevrik Sırtları arasından çekilen hattın doğusu ile Çataksu'da boğaza çekilen hattın batısı ve Elazığ-Tunceli il sınırlarını meydana getiren eski Fırat Nehri Yatağı boyunca devam eden ve Tunceli İl Sınırları içerisinde kalan bölge olup, normal su kotunda rezervuar alanı 6 500 hektardır. Bu bölgede, yıllara göre değişmekle beraber 8 balıkçı teknesiyle 22000 m (220 posta) uzatma ağı kullanılarak ortalama yıllık 50 ton balık istihsal edilmektedir. Hektar başına av verimi yaklaşık 7,7 kg/hektar/yıl olarak bildirilmektedir (Yüksel ve Celayir, 2010).



Şekil 2.1. Araştırma bölgesi

Bölgede ticari avcılığı yapılan sazan türüne yönelik olarak ip kalınlığının seçicilik üzerine olan etkisinin araştırılması amacıyla 40, 45, 50, 55 ve 60 mm göz genişliklerinde (yarım göz boyu) ve iki farklı ip kalınlıklarında (0,12 mm x 3 ply ve 0,18 mm x 3 ply) toplam 10 adet galsama ağı kullanılmıştır. Multi monofilament (katlı misina) poliamid yapıda olan ağlar, 100 m uzunluğunda, 100 göz derinliğinde ve 0,50 donam faktörüne göre donatılmıştır. Ağ derinlikleri 40, 45, 50, 55 ve 60 mm göz genişliğine sahip ağlarda, sırasıyla, 6,93 m, 7,79 m, 8,66 m, 9,53 m ve 10,39 m olarak hesaplanmıştır. Donam ipi olarak 210d/9 numara poliamid iplik kullanılmış ve her donama 2 göz alınmıştır. Donam uzunlukları 40, 45, 50, 55 ve 60 mm göz genişliğine sahip ağlarda, sırasıyla, 8, 9, 10, 11 ve 12 cm alınmıştır. Mantar yaka 5 mm çapında tek kat polipropilen materyalden yapılmış, yüzdürücü olarak 90 cm aralıklarla 6x3 cm boyutlarında (5 g ağırlığında

18 cm³ hacminde) polietilen mantarlar takılmıştır. Kurşun yaka 5 ve 3,5 mm çapında çift kat polipropilen materyalden yapılmış, batırıcı olarak 90 cm aralıklarla 50 g ağırlığındaki bakla kurşunlar kullanılmıştır. Mazalya olarak, takımın her iki ucunda 6-8 kg ağırlığında taş kullanılmış, şamandıra olarak yine takımın her iki ucunda 5 lt'lik plastik su bidonları bağlanmıştır. Şamandıra ipi 5 mm çapında polipropilen halattan oluşturulmuş ve derinliğin yaklaşık 1,5 katı kadar kullanılmıştır.

Çalışma için gerekli olan malzemelerin temini ve ağların donatılmasından sonra avcılık denemeleri 2014 yılının Ocak ile Haziran ayları arasında 6 ay süresince gerçekleştirilmiştir. Hava koşullarının müsait olması durumuna göre haftada 1 veya 2 gün olmak üzere toplam 32 avcılık denemesi yapılmıştır.

Araştırmada kullanılan toplam 10 posta ağ 5'erli gruplar halinde iki takım oluşturularak kullanılmıştır. Takımlardaki ağların sıralamaları her avcılık öncesi değiştirilmiştir. Tüm ağlar yaklaşık aynı derinlikte olacak şekilde kıyıya paralel olarak akşam saatlerinde suya serilmiş ve bir gün sonra sabah saatlerinde toplanmıştır. Ağdan çıkan balıklar ağ göz büyüklüğüne ve ip kalınlığına göre ayrıldıktan sonra tür teşhisleri yapılmış, standart, çatal ve toplam boyları, ağırlıkları, farklı bölgelerden vücut çevreleri ölçülmüştür.

Boy-ağırlık ilişkisi Le Cren (1951)'in formülüne ($W = a L^b$) göre belirlenmiştir. Bu eşitlikteki “a” ve “b” parametreleri ile belirleyicilik katsayısı (R^2) fonksiyonel regresyon ile hesaplanmıştır. Büyümenin şeklini gösteren b değerinin 3 (izometrik büyüme)'den farklı olup olmadığı t-test (0,05 önem seviyesinde) kullanılarak tespit edilmiştir.

Farklı ağ göz uzunluklarına sahip av araçlarından elde edilen verilerden toplam boy sınıf değerleri (frekansları) hesaplanmıştır. Bu verileri de analiz etmek için SELECT (share each length class catch total) (Millar, 1992, Millar ve Holst, 1997; Millar ve Fryer, 1999) metot kullanılmıştır. Bu metotta, gözlenen (yakalanan) ve beklenen av oranları Poisson dağılımı olduğu kabul edilen Maksimum Likelihood Dağılımı ile belirlenmiştir.

3. BULGULAR

3.1. Av Kompozisyonu ve Av Verimi

Keban Baraj Gölü Pertek Bölgesi'nde 6 ay süresince yapılan 32 avcılık denemesinde 9 farklı türden oluşan toplam 1441 adet (840,1 kg) balık yakalanmıştır. Sayı olarak en fazla avlanan tür *Capoeta trutta* (454 adet) olurken, ağırlık olarak en fazla bu çalışmanın hedef türü olan *Cyprinus carpio* (451 adet, 342,1 kg) yakalanmıştır. Bunun yanında baraj gölünün ekonomik öneme sahip türlerinden birisi olan *Luciobarbus mystaceus* hem sayı hem de ağırlık olarak

üçüncü sırada yer almıştır. En az avlanan tür (4 adet, 2,5 kg) *Squalius cephalus* olmuştur (Tablo 3.1).

Göz büyüklükleri ve materyal kalınlıklarına göre ağların av verimi hesaplanmıştır. Buna göre, 60 mm göz genişliğine sahip ağın en verimli ağ olduğu (238 kg, 237 adet) ve bunu 40 mm göz genişliğine sahip ağın takip ettiği (235 kg, 583 adet) belirlenmiştir. En verimsiz ağın (104 kg, 161 adet) 50 mm'lik ağ olduğu görülmüştür. Materyal kalınlığına göre değerlendirildiğinde, 40, 45 ve 50 mm'lik ağlarda nispeten ince materyalden yapılan ağ (0,12 mm x 3 ply), kalın materyalden yapılan ağa (0,18 mm x 3 ply) göre balık yakalamada daha başarılı olmuştur. Ancak, 55 ve 60 mm'lik ağlarda tam tersi bir durum gerçekleşmiştir. Bu ağlarda kalın materyalin balık yakalama başarısı daha yüksektir. Aynı göz büyüklüğüne sahip farklı materyal kalınlıklarındaki ağlarla yakalanan balık miktarlarının istatistiki olarak birbirinden farklı olduğu ($p<0,05$) belirlenmiştir. Ayrıca, çalışmada kullanılan tüm ağların av verimi kg/gün/ağ olarak hesaplanmıştır (Tablo 3.2)

Tablo 3.1. Av kompozisyonu

Tür	Sayı		Ağırlık	
	N	%	Kg	%
<i>Capoeta trutta</i>	454	31,5	193,6	23,0
<i>Cyprinus carpio</i>	451	31,3	342,1	40,7
<i>Luciobarbus mystaceus</i>	302	21,0	132,3	15,8
<i>Luciobarbus esocinus</i>	81	5,6	82,8	9,9
<i>Oncorhynchus mykiss</i>	68	4,8	42,0	5,0
<i>Capoeta umbla</i>	60	4,2	23,2	2,8
<i>Barbus grypus</i>	14	1,0	20,3	2,4
<i>Chondrostoma regium</i>	6	0,4	1,2	0,1
<i>Squalius cephalus</i>	4	0,3	2,5	0,3
TOPLAM	1441	100,0	840,1	100,0

Tablo 3.2. Göz büyüklükleri ve materyal kalınlıklarına göre ağların av verimi

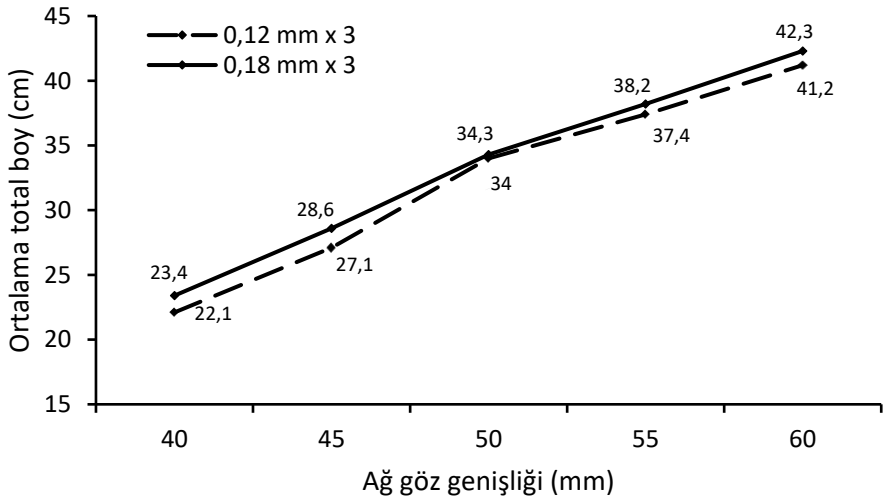
Göz genişliği (mm)	Materyal kalınlığı (ø)	N	Toplam ağırlık Kg/ağ/gü (Kg) n		t-Test (One-Sample)
40	0,12 mm x 3 ply	381	145	4,53	P < 0,05
	0,18 mm x 3 ply	202	90	2,81	
45	0,12 mm x 3 ply	163	88	2,75	P < 0,05
	0,18 mm x 3 ply	151	66	2,06	
50	0,12 mm x 3 ply	85	63	1,97	P < 0,05
	0,18 mm x 3 ply	76	41	1,28	
55	0,12 mm x 3 ply	71	52	1,63	P < 0,05
	0,18 mm x 3 ply	75	57	1,78	
60	0,12 mm x 3 ply	108	97	3,03	P < 0,05
	0,18 mm x 3 ply	129	141	4,41	

3.2. *Cyprinus carpio* (Sazan) Türüne Ait Boy ve Ağırlık Dağılımı

Yapılan avcılık denemelerinde 451 adet sazan yakalanmıştır. Ağ göz genişliği büyüdükçe yakalanan sazan miktarında artış olmuştur. Bu durumda hem sayıca hem de ağırlıkça en fazla sazan 60 mm göz genişliğine sahip ağlarla yakalanmıştır. Total boy değerleri 19,5 cm ile 55 cm arasında, vücut ağırlığı değerleri ise 122 g ile 3120 g arasında değişiklik göstermiştir. Ağ göz büyüklüğü arttıkça yakalanan balıkların ortalama total boy ve ağırlık değerlerinde de artış olmuştur. Ayrıca, tüm göz büyüklüklerinde, kalın materyale sahip ağların yakaladığı balıkların boy ve ağırlıklarının ince materyale sahip ağların yakaladıklarından daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Tablo 3.3). Ayrıca, yakalanan sazan balıklarının göz büyüklüğü ve ip kalınlığına göre ortalama total boy dağılımları Şekil 3.1’de grafik olarak verilmiştir.

Tablo 3.3. *Cyprinus carpio*'nın boy ve ağırlık dağılımı

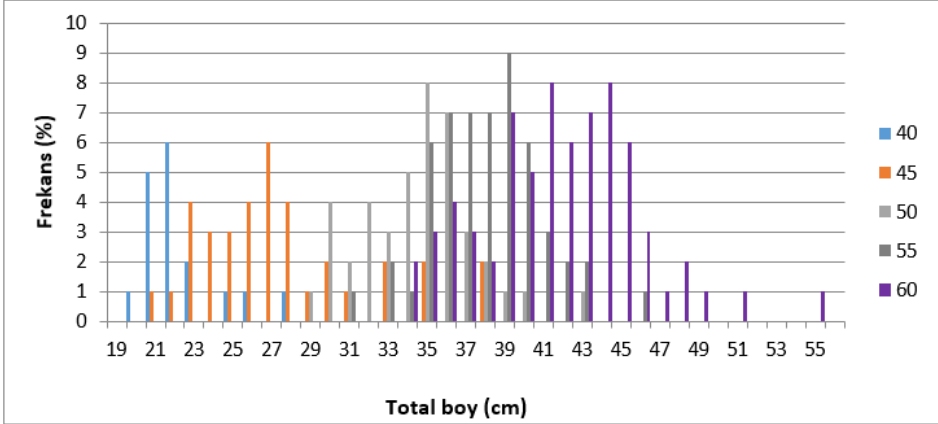
Göz genişliği (mm)	Materyal kalınlığı (ø)	N	Total boy (cm)			Ağırlık (g)		
			Min.	Maks.	Ort ± SH	Min.	Maks.	Ort ± SH
40	0,12 mm x 3 ply	17	19,5	28,0	22,1 ± 0,52	122	352	202 ± 16
	0,18 mm x 3 ply	25	19,8	28,5	23,4 ± 0,54	135	365	226 ± 15
45	0,12 mm x 3 ply	36	21,0	37,3	27,1 ± 0,70	150	912	349 ± 28
	0,18 mm x 3 ply	41	21,3	40,5	28,6 ± 0,69	165	915	382 ± 24
50	0,12 mm x 3 ply	42	28,5	42,3	34,0 ± 0,45	305	988	618 ± 24
	0,18 mm x 3 ply	38	27,0	45,0	34,3 ± 0,56	375	1045	628 ± 25
55	0,12 mm x 3 ply	54	31,0	45,2	37,4 ± 0,37	465	1570	831 ± 25
	0,18 mm x 3 ply	59	30,2	44,9	38,2 ± 0,44	506	1416	873 ± 29
60	0,12 mm x 3 ply	70	33,5	55,0	41,2 ± 0,49	600	3120	1114 ± 47
	0,18 mm x 3 ply	69	36,8	50,0	42,3 ± 0,33	820	1900	1167 ± 52



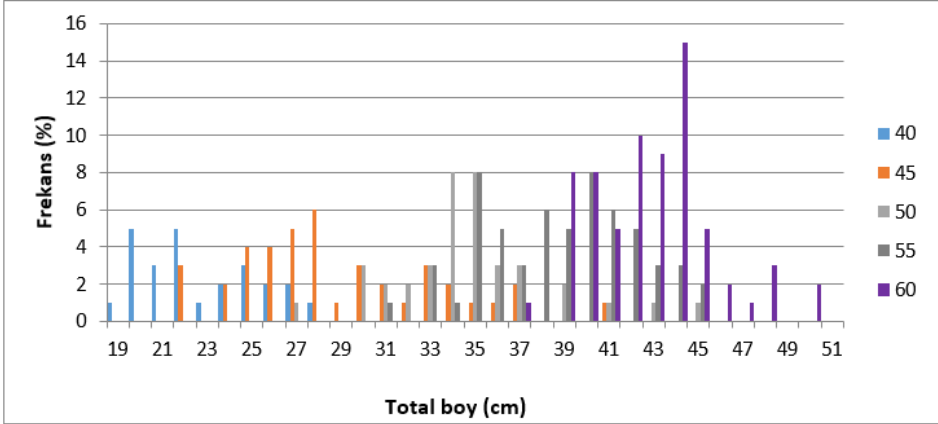
Şekil 3.1. Yakalanan sazan balıklarının göz büyüklüğü ve ip kalınlığına göre ortalama total boy dağılımları

İnce (0,12 mm x 3 ply) materyale sahip ağlarla yakalanan sazan balıklarının total boyları 19,5 cm ile 55 cm arasında, kalın (0,18 mm x 3 ply) materyale sahip ağlarla yakalanan sazan balıklarının total boyları ise 19,8 cm ile 50 cm arasında değişmiştir. İnce ve kalın materyale sahip 40, 45, 50, 55 ve 60 mm ağ göz

genişliğine sahip ağlarla yakalanan sazan balıklarının boy frekans grafikleri Şekil 3.2 ve Şekil 3.3'de, boy dağılım değerleri verilmiştir. Verilen grafiklerde ve tablolarda görüldüğü gibi göz büyüklüğü arttıkça yakalanan balıkların boyları artmaktadır.



Şekil 3.2. İnce (0,12 mm x 3 ply) materyale sahip ağlarla yakalanan sazan balıklarında boy frekans grafiği

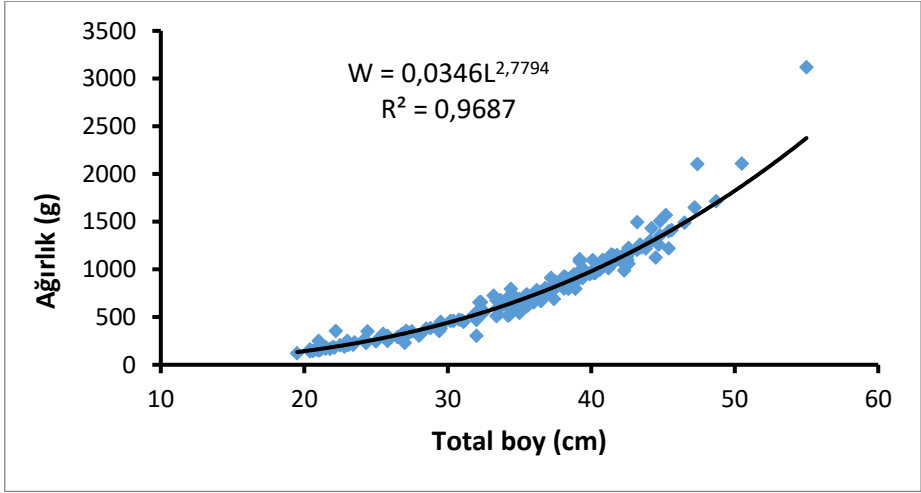


Şekil 3.3. Kalın (0,18 mm x 3 ply) materyale sahip ağlarla yakalanan sazan balıklarında boy frekans grafiği

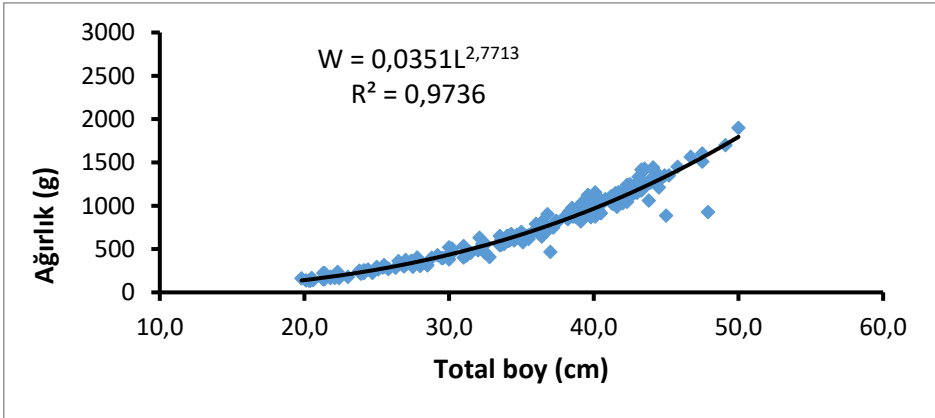
3.3. Boy-Ağırlık İlişkisi

Çalışmada, ince materyale sahip ağlarla yakalanan toplam 219 adet sazan balığının boy-ağırlık ilişkisini açıklayan denklem $W = 0,0346L^{2,7794}$ ($R^2 = 0,9687$) olarak bulunmuştur (Şekil 3.4). Kalın materyale sahip ağlarla yakalanan toplam 232 adet sazan balığının boy-ağırlık ilişkisini açıklayan denklem ise $W =$

$0,0351L^{2,7713}$ ($R^2 = 0,9736$) olarak hesaplanmıştır (Şekil 3.5). Denklemdaki “b” değerinin her iki grupta da 3’den farklı olduğu ($p<0,05$) ve baraj gölünde 40, 45, 50, 55 ve 60 mm ağ göz genişliğindeki ağlarla yakalanan sazan balıklarında büyümenin “negatif allometrik” olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3.4. İnce (0,12 mm x 3 ply) materyale sahip ağlarla yakalanan sazan balıklarında boy-ağırlık ilişkisi



Şekil 3.5. Kalın (0,18 mm x 3 ply) materyale sahip ağlarla yakalanan sazan balıklarında boy-ağırlık ilişkisi

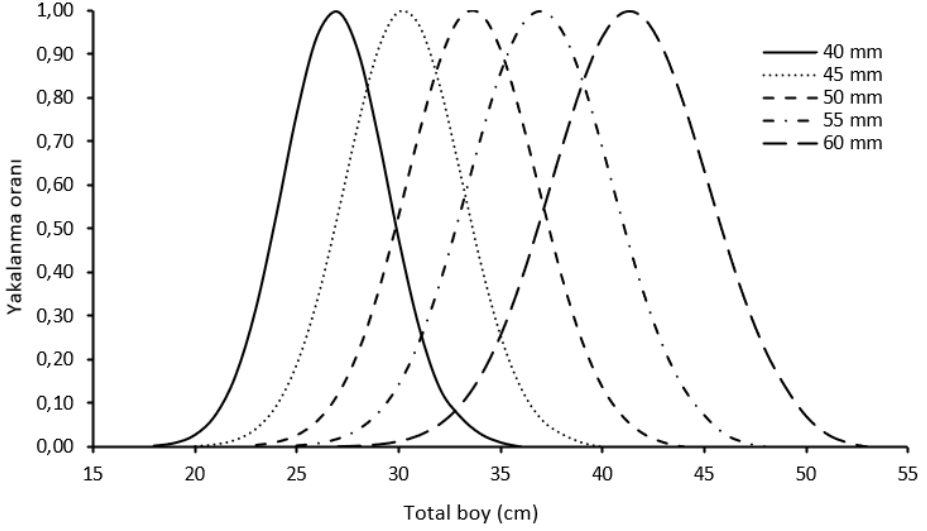
3.4. Seçicilik Parametreleri

3.4.1. İnce (0,12 mm x 3 ply) Materyale Sahip Ağların Seçicilik Parametreleri

“Pasgear II” bilgisayar programı kullanılarak ince (0,12 mm x 3 ply) materyale sahip ağların seçicilik parametreleri hesaplanmıştır (Tablo 3.4). Elde edilen sonuçlara göre; en düşük model sapması (47,952) bi-modal yöntemde bulunduğundan dolayı ağların seçicilik eğrileri bi-modal yöntemle çizdirilmiştir (Şekil 3.6). İnce (0,12 mm x 3 ply) materyalden yapılan 40, 45, 50, 55 ve 60 mm ağ göz genişliğindeki ağların optimum yakalama boyları sırasıyla 26,88 cm, 30,24 cm, 33,60 cm, 36,96 cm ve 40,32 cm olarak hesaplanmıştır. Aynı ağların yayılım değerleri ise aynı sırayla 2,56 cm, 2,88 cm, 3,20 cm, 3,52 cm ve 3,84 cm olarak belirlenmiştir (Tablo 3.5).

Tablo 3.4. İnce (0,12 mm x 3 ply) materyale sahip ağların seçicilik parametreleri

Model	Parametre	Model sapması	P	Serbestlik derecesi
Normal location	$(k; \sigma) = (0,337; 3,337)$	50,146	0,88 0	63
Normal scale	$(k_1; k_2) = (0,338; 0,034)$	52,952	0,81 3	63
Log-normal	$(\mu_1; \sigma) = (3,29; 0,103)$	51,063	0,78 1	63
Gamma	$(k; \alpha) = (0,004; 96,256)$	53,145	0,80 7	63
Bi-modal	$(k_1; k_2; k_3; k_4; w) = (0,336; 0,032; 0,429; 0,004; 0,179)$	47,952	0,86 9	60



Şekil 3.6. İnce (0,12 mm x 3 ply) materyale sahip ağların seçicilik eğriler

Tablo 3.5. İnce materyale sahip ağların bi-modal'e göre optimum yakalama boyları ve yayılımı

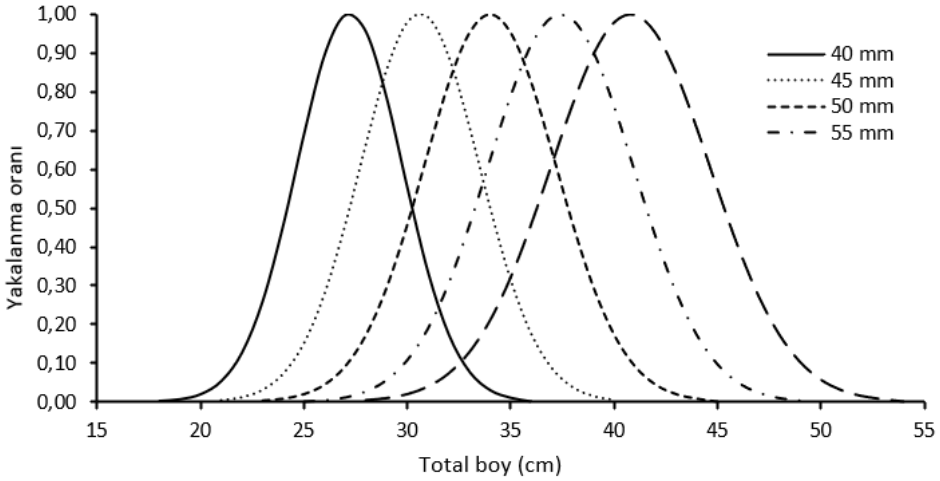
Ağ göz genişliği (mm)	Optimum boy (cm)	Yayılım (cm)
40	26,88	2,56
45	30,24	2,88
50	33,60	3,20
55	36,96	3,52
60	40,32	3,84

3.4.2. Kalın (0,18 mm x 3 ply) Materyale Sahip Ağların Seçicilik Parametreleri

“Pasgear II” bilgisayar programı kullanılarak kalın (0,18 mm x 3 ply) materyale sahip ağların seçicilik parametreleri hesaplanmıştır (Tablo 3.6). Elde edilen sonuçlara göre; en düşük model sapması (38,351) bi-modal yöntemde bulunduğundan dolayı ağların seçicilik eğrileri bi-modal yöntemde çizdirilmiştir (Şekil 3.7). Kalın (0,18 mm x 3 ply) materyalden yapılan 40, 45, 50, 55 ve 60 mm ağ göz genişliğindeki ağların optimum yakalama boyları sırasıyla 27,20 cm, 30,60 cm, 34,00 cm, 37,40 cm ve 40,80 cm olarak hesaplanmıştır. Aynı ağların yayılım değerleri ise aynı sırayla 2,56 cm, 2,88 cm, 3,20 cm, 3,52 cm ve 3,84 cm olarak belirlenmiştir (Tablo 3.7).

Tablo 3.6. Kalın (0,18 mm x 3 ply) materyale sahip ağların seçicilik parametreleri

Model	Parametre	Model sapması	P	Serbestlik derecesi
Normal location	$(k; \sigma) = (0,340; 3,292)$	40,379	0,988	63
Normal scale	$(k_1; k_2) = (0,341; 0,034)$	44,444	0,963	63
Log-normal	$(\mu_1; \sigma) = (3,298; 0,099)$	41,455	0,984	63
Gamma	$(k; \alpha) = (0,003; 103,206)$	41,770	0,982	63
Bi-modal	$(k_1; k_2; k_3; k_4; w) = (0,340; 0,032; 0,458; 0,004; 0,034)$	38,351	0,987	60



Şekil 3.7. Kalın (0,18 mm x 3 ply) materyale sahip ağların seçicilik eğrileri

Tablo 3.7. Kalın materyale sahip ağların bi-modal'e göre optimum yakalama boyları ve yayılımı

Ağ göz genişliği (mm)	Optimum boy (cm)	Yayılım (cm)
40	27,20	2,56
45	30,60	2,88
50	34,00	3,20
55	37,40	3,52
60	40,80	3,84

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, Keban Baraj Gölü balıkçılığında en önemli türlerden birisi olan sazan balığının avcılığında kullanılan uzatma ağlarının seçiciliği araştırılmıştır. Ayrıca, farklı göz büyüklüklerinin yanında iki farklı materyal kalınlığı kullanılarak materyal kalınlığının seçiciliğe olan etkisi de belirlenmiştir. Denemelerde son yıllarda uzatma ağlarında kullanılan “katlı misina” olarak tabir edilen multi-monofilament yapıdaki ağ ipliği tercih edilmiştir.

Çalışma kapsamında yapılan avcılık denemelerinde 9 farklı türe (*Capoeta trutta*, *Cyprinus carpio*, *Luciobarbus mystaceus*, *Luciobarbus esocinus*, *Oncorhynchus mykiss*, *Capoeta umbla*, *Arabibarbus grypus*, *Chondrostoma regium* ve *Squalius cephalus*) ait toplam 1441 adet balık yakalanmıştır. Bu türlerin tamamı baraj gölünde ticari balıkçılıkta ekonomik olarak değerlendirilmektedir. Araştırma denemelerinde avlanan *Capoeta trutta* (454 adet), *Cyprinus carpio* (451 adet) ve *Luciobarbus mystaceus* (302 adet) ilk üç sırada yer almışlardır. Keban Baraj Gölü’nde yapılan diğer bilimsel çalışmalarda da baskın tür konusunda benzer bulgular elde edilmiştir (Pala ve ark., 2003; Celayir ve ark., 2006; Pala ve Yüksel, 2010; Yüksel ve Celayir, 2010; Cilbiz ve ark., 2014; Cilbiz ve ark., 2015b).

Avlanan tüm türlerin ağırlığı dikkate alındığında, en verimli göz büyüklüğünün 60 mm olduğu ve bunu 40 mm’lik ağın izlediği, 50 mm göz genişliğine sahip ağın ise en verimsiz ağ olduğu belirlenmiştir. Uzatma ağlarında göz büyüklüklerinin av verimi; kullanılan bölgeye, bölgedeki tür dağılımına, ağların bulunduğu su derinliğine göre değişiklik gösterebilir. Ayrıca verimlilik hesaplanırken yakalanan türlerin parasal değeri de göz önünde bulundurulmalıdır. Kullanılan materyal kalınlığına göre değerlendirildiğinde, 40, 45 ve 50 mm göz genişliğine sahip ağlarda ince materyalin, 55 ve 60 mm göz genişliğine sahip ağlarda ise kalın materyalin daha fazla balık yakaladığı ve aradaki farkın istatistiki olarak önemli olduğu ($P < 0,05$) tespit edilmiştir. İnce materyalin su içinde görünürlülüğü daha az olması sebebiyle daha fazla balık yakalaması normal olarak değerlendirilmelidir. Ancak, 55 ve 60 mm göz genişliğindeki ağlarda tersi bir durum gerçekleşmiştir. Bu ağların yakaladığı balıkların daha büyük ve dolayısıyla daha güçlü olması, balıkların bir kısmının ipi kırarak kurtulmasına sebep olabilir. Uzatma ağlarında ağ gözü büyüdükçe daha sağlam materyalin kullanılması zorunlu hale gelmektedir.

Araştırmada total boy değerleri 19,5 cm ile 55 cm arasında değişen 451 adet sazan yakalanmıştır. İnce materyale sahip ağlarla yakalanan sazan balıklarının boy-ağırlık ilişkisini açıklayan denklem $W = 0,0346L^{2,7794}$ ($R^2 = 0,9687$) olarak, kalın materyale sahip ağlarla yakalanan sazan balıklarının boy-ağırlık ilişkisini açıklayan denklem ise $W = 0,0351L^{2,7713}$ ($R^2 = 0,9736$) olarak hesaplanmıştır.

Denklemdaki “b” değerinin her iki grupta da 3’den farklı olduğu ($p<0,05$) ve her iki durumda da büyümenin “negatif allometrik” olduğu belirlenmiştir.

Ülkemizde sazan balığının populasyon parametreleri ile ilgili çok sayıda bilimsel makale mevcuttur. Vilizzi ve ark. (2013), ülkemizde 68 sazan stokunu analiz etmişler ve “genel olarak, Anadolu’daki sazan stoklarının hafif negatif allometrik büyüme gösterdiği, aşırı sömürülen ve/veya su kalitesinin ve kirliliğin kritik düzeyde olduğu su kütlelerinde bulunan stoklarda ise hafif negatif allometrik büyümenin daha belirgin olduğunu” ifade etmişlerdir. Ayrıca, “bu hafif negatif allometrik büyüme eğiliminin, dünyadaki diğer sazan stoklarında genel olarak rastlanan izometrik büyümeden farklılık gösterdiğini” bildirmişlerdir.

Ağ göz büyüklüğü arttıkça yakalanan sazan balıklarının total boy ortalamaları artmıştır. Ayrıca, kalın materyale sahip ağların yakaladığı balıkların boy ve ağırlıklarının ince materyale sahip ağların yakaladıklarından daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Tüm göz büyüklüklerinde kalın materyalden yapılan ağların optimum yakalama boyları daha yüksektir (Tablo 4.1).

Tablo 4.1. İnce ve kalın materyale sahip ağların bi-modal’e göre optimum yakalama boyları ve yayılımı

Ağ göz genişliği (mm)	Materyal kalınlığı (ø)	Optimum boy (cm)	Yayılım (cm)
40	0,12 mm x 3 ply	26,88	2,56
	0,18 mm x 3 ply	27,20	2,56
45	0,12 mm x 3 ply	30,24	2,88
	0,18 mm x 3 ply	30,60	2,88
50	0,12 mm x 3 ply	33,60	3,20
	0,18 mm x 3 ply	34,00	3,20
55	0,12 mm x 3 ply	36,96	3,52
	0,18 mm x 3 ply	37,40	3,52
60	0,12 mm x 3 ply	40,32	3,84
	0,18 mm x 3 ply	40,80	3,84

Galsama ağları seçiciliği en yüksek olan balık yakalama aletidir. Göz büyüklüğüne oranla yakalanan balık büyüklüğünün artması beklenir. Kalın materyale sahip ağların yakaladığı balıkların boy ortalamasının nispeten yüksek olmasının, ince materyalden yapılan ağla karşılaşan balıkların ipi kırmak suretiyle kurtulma şanslarının daha yüksek olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Ayaz ve ark. (2011), küpez balığı avcılığında kullanılan galsama ağlarının seçiciliğine ip kalınlığının etkisini araştırdıkları çalışmalarında, 22, 23 ve 25 mm göz genişliğine sahip, 210d/3 (yaklaşık 0,45 mm çapında) ve 210d/4 (yaklaşık 0,54 mm çapında) numara ip kalınlığında multifilament ağlar kullanmışlardır. Çalışma sonucunda, 22 ve 23 mm göz genişliğindeki ince materyalden yapılan ağların kalın materyalden yapılanlara göre önemli derecede daha büyük balık avladıklarını belirlemişlerdir. Bunu sebebi olarak, ince materyalin daha esnek olmasından kaynaklandığını ifade etmişlerdir. Aynı göz büyüklüğüne fakat farklı ip kalınlığına sahip ağların avcılık esnasında muhtemelen farklı göz açıklığına sahip olabilecekleri sonucuna varmışlardır.

Hansen (1974), ince (0,133 mm) materyale sahip 19 mm göz genişliğindeki monofilament galsama ağının, daha kalın (0,267 mm) materyalden yapılanlara göre daha büyük *Mylocheilus caurinus* ve *Perca flavescens* avladığını bildirmiştir.

Holst ve ark. (2002), 0,8 mm kalınlığındaki ağın 1,2 mm kalınlığındaki ağa oranla daha büyük *Gadus morhua* avladığını rapor etmişlerdir.

Bahsedilen araştırmaların bulguları ile bu çalışmanın bulguları tamamen ters yönlüdür. Ancak, çalışmaların yapıldığı ortam, hedeflenen balık türü, ağların neredeyse tüm teknik özellikleri birbirinden farklıdır. Bu sebeple bulguların benzer olmaması normal karşılanabilir.

Bu konuda farklı çalışmalarda farklı sonuçlara rastlamak da mümkündür. Hovgard (1996), çeşitli göz büyüklükleri ve materyal kalınlıklarına sahip ağlarla yaptığı çalışmada, ip kalınlığının seçiciliği direk etkilemediğini bildirmiştir. Turunen (1996) ile Gray ve ark. (2005)'nin yaptıkları araştırmalarda da benzer bulgular elde edilmiştir. Ayrıca, Yokota ve ark. (2001), kontrollü ortamda gökkuşağı alabalığı ile yaptıkları çalışmada, kalın materyale (0,28 mm) sahip ağın ince materyalden (0,16 mm) yapılan ağa göre daha büyük balık yakaladığını saptamışlardır.

Hamley (1975), ince materyalden yapılan ağın nispeten görünürlülüğünün düşük olması, uzamasının ve esnekliğinin yüksek olması sebebiyle daha fazla sayıda ve daha büyük boyda balık yakalaması gerektiğini, ancak büyük boylu balıkların ince materyali kopararak bu durumu değiştirebileceğini ifade etmiştir (Ayaz ve ark., 2011). Araştırmamızda, 40, 45 ve 50 mm göz genişliğine sahip ağlarda ince materyalin, 55 ve 60 mm göz genişliğine sahip ağlarda ise kalın materyalin daha fazla balık yakaladığı, ayrıca tüm ağlarda kalın materyalden yapılan ağın daha büyük boylu balıkları yakaladığı belirlenmiştir. Bu durumda, ağla karşılaşan daha büyük ve güçlü balıkların ince materyali kopararak kurtulma oranının daha yüksek olduğu değerlendirilmektedir.

Ağların seçicilik parametreleri "Pasgear II" bilgisayar programı kullanılarak hesaplanmış, seçicilik eğrileri, yayılım değeri en düşük olan bi-modal'a göre

izilmiştir. İnce materyalden yapılan 40, 45, 50, 55 ve 60 mm ağ göz genişliğindeki ağların optimum yakalama boyları sırasıyla 26,88 cm, 30,24 cm, 33,60 cm, 36,96 cm ve 40,32 cm olarak, kalın materyalden yapılan ağların optimum yakalama boyları ise yine aynı sırayla 27,20 cm, 30,60 cm, 34,00 cm, 37,40 cm ve 40,80 cm olarak hesaplanmıştır.

Balık (1999), Beyşehir Gölü’ndeki sazan avcılığında kullanılan monofilament galsama ağlarının seçiciliğini araştırmıştır. Denemelerde 70, 80, 130 ve 140 mm ağ göz aıklılığında (35, 40, 65 ve 70 mm göz genişliğinde) ağlar kullanmıştır. Bu ağların optimum yakalama boylarını sırasıyla, 18,07 cm, 20,66 cm, 39,33 cm ve 42,35 cm (atal boy) olarak belirlemiştir.

Yalçın (2006), farklı baraj göllerinde yaşayan aynalı sazan ve pullu sazan için seçicilik çalışması yapmıştır. alışmasında 45, 50, 55, 60 ve 65 mm ağ göz genişliğine sahip ağlar kullanmış ve bu ağlar için ortak seçicilik faktörünü aynalı sazan için 6,1 ve pullu sazan için 6,7 olarak belirlemiştir. Buna göre 60 mm göz genişliğindeki ağların optimum yakalama boyları aynalı sazan için 36,6 cm, pullu sazan için ise 40,2 cm olarak hesaplanmaktadır.

Cilbiz ve ark. (2015b), “Manyas Gölü’ndeki (Balıkesir/Türkiye) sazan balığı için (*Cyprinus carpio* L., 1758) fanyalı uzatma ağı seçiciliği” başlıklı çalışmalarında 100, 110, 120, 130 ve 140 mm göz aıklılığında fanyalı ağlar kullanmışlardır. Çalışmada, optimum yakalama boyu aynı sırayla 39,05; 42,95; 46,8; 50,76 ve 54,66 cm olarak tespit edilmiştir.

Bahsi geçen çalışmalarda elde edilen bulgular ile bu çalışmada elde edilen bulgular arasındaki farklılıklar bulunmaktadır. Bu farklılıklar; çalışmanın yapıldığı ortamın çevresel koşulları, populasyon parametrelerindeki değişiklikler, kullanılan ağların teknik özellikleri ve/veya avcılık yönteminden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmanın yapıldığı dönemde geçerli olan, “3/1 numaralı ticari amaçlı su ürünleri avcılığını düzenleyen tebliğ (Tebliğ no: 2012/65)” kapsamında sazan balığının minimum yasal av boyu 40 cm olarak ifade edilmiştir. Bu çalışmanın verileri dikkate alındığında gerek ince materyale ve gerekse kalın materyale sahip ağlarla yapılan seçicilik analizine göre 60 mm ve üzerindeki ağ göz genişliğine (göz aıklılığı 120 mm) sahip ağların sazan avcılığında kullanılması uygun görülmektedir.

KAYNAKLAR

- Ayaz, A., Altınağaç, U., Özen, Ö., Altın, A., İşmen, A., 2011. Effect of twine thickness on selectivity of gillnets for Bogue, *Boops boops*, in Turkish waters. *Mediterranean Marine Science*, 12(2): 358-368.
- Balık, İ., 1999. Investigation of the selectivity of monofilament gill nets used in carp fishing (*Cyprinus carpio* L., 1758) in Lake Beyşehir. *Turkish Journal of Zoology*, 23: 185-187.
- Baranov, F.I., 1914. The capture of fish by gillnets. (Vol. 3): Mater. Poznaniyu Russ. Rybolov. (partially transl. from Russian by W.R. Ricker).
- Celayir, Y., Pala, M., Yüksel, F., 2006. Keban Baraj Gölü Balıkçılığı. *I. Balıklandırma ve Rezervuar Yönetimi Sempozyumu*, Antalya, 07-09 Şubat, s. 259-267.
- Cilbiz, M., Apaydın Yağcı, M., Uysal, R., Yağcı, A., Cesur, M., 2015a. Investigation on monofilament gill net selectivity for Vimba (*Vimba vimba* Linnaeus, 1758) in Eğirdir Lake, Turkey. *Pakistan J. Zool.*, 47(3): 882-886.
- Cilbiz, M., Hanol, Z., Cilbiz, N., Çınar, Ş., Savaşer, S., 2014. Multifilament gillnet and trammel net selectivity for the Silver Crucian Carp (*Carassius gibelio* Bloch, 1782) in Eğirdir Lake, Isparta, Turkey. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 14: 905-913.
- Cilbiz, M., Küçükçakara, R., Ceylan, M., Savaşer, S., Meke, T., 2015b. Trammel net selectivity of common Carp (*Cyprinus carpio* L., 1758) in Manyas Lake, Turkey. *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research*, 1(1): 1-7.
- Gray, C.A., Broadhurst, M.K., Johnson, D.D., Young, D.J., 2005. Influences of hanging ratio, fishing height, twine diameter and material of bottom-set gillnets on catches of dusky flathead *Platycephalus fuscus* and non-target species in New South Wales, Australia. *Fisheries Science*, 71: 1217-1228.
- Hamley J.M., 1975. Review of gillnet selectivity. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*, 32(11): 1943-1969.
- Hansen, R.G., 1974. Effect of different filament diameters on the selective action of monofilament gill nets. *Transactions of the American Fisheries Society*, 2: 386-387.
- Holst, R., Madsen, N., Poulsen, T.M., Fonseca, P., Campos, A., 1994. Manual for gillnet selectivity methods and standards for gill net selectivity research. EU Project No.XIV/1810/C1/94, 43s.
- Holst, R., Wileman, D., Madsen, N., 2002. The effect of twine thickness on the size selectivity and fishing power of baltic cod gill nets. *Fisheries Research*, 56(3): 303-312.

- Hovgard, H., 1996. Effect of twine diameter on fishing power of experimental gill nets used in Greenland waters. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 53: 1014-1017.
- Le Cren E.D., 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonadal weight and condition of Perch (*Perca fluviatilis*). *Journal of Animal Ecology*, 20: 201-219.
- Millar, R.B., 1992. Estimating the size-selectivity of fishing gear by conditioning on the total catch. *Journal of the American Statistical Association*, 87(420): 962-968.
- Millar, R.B., Fryer, R.J., 1999. Estimating the size-selection curves of towed gears, traps, nets and hooks. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 9(1): 89-116.
- Millar, R.B., Holst, R., 1997. Estimation of gillnet and hook selectivity using log-linear models. *Ices Journal of Marine Science*, 54(3): 471-477.
- Pala, M., Yüksel, F., 2010. Comparison of the catching efficiency of monofilament gillnets with different mesh size. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9(7): 1146-1149.
- Pala, M., Yüksel, F., Celayir, Y., Akbay, N., 2003. Keban Baraj Gölü'nde yaşayan balık türlerinin bölgesel dağılımı. *XII. Ulusal Su Ürünleri Sempozyumu*, Elazığ, 2-5 Eylül, s. 494-500.
- Parrish, B.B., 1963. Some remarks on selection process in fishing operations. *ICNAF Spec. Publ.*, 5: 166-170.
- Turunen, T., 1996. The effects of twine thickness on the catchability of gillnets for Pikeperch (*Stizostedion lucioperca* (L.)). *Annales Zoologici Fennici*, 33: 621-625.
- Vilizzi, L., Tarkan, A.S., Ekmekçi, F.G., 2013. Stock characteristics and management insights for common carp (*Cyprinus carpio*) in Anatolia: A review of weight-length relationships and condition factors. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 13: 759-775.
- Yalçın, N., 2006. Baraj göllerinden yakalanan Pullu Sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758) ve Aynalı Sazan (*Cyprinus carpio* L., 1758) balıkları için seçicilik parametrelerinin karşılaştırılması. *I. Balıklandırma ve Rezervuar Yönetimi Sempozyumu*, Antalya, 07-09 Şubat, s. 281-288.
- Yokota, K., Fujimori, Y., Shiode, D., Tokai, T., 2001. Effect of thin twine on gill net size-selectivity analyzed with the direct estimation method. *Fish Sci.*, 67: 851-856.
- Yüksel, F., Celayir, Y., 2010. A research on the fish production and catching efficiency in the Keban Dam Lake. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 9(4): 741-747.

Bölüm 4

Doğal Balık Stoklarının Tahmininde Kullanılan Yöntemler

Fahrettin YÜKSEL¹
Rahmi AYDIN²

¹ Prof. Dr.; Munzur Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü,
fahrettinyuksel@munzur.edu.tr Orcid No: 0000-0001-7015-4564

² Prof. Dr.; Munzur Üniversitesi Tunceli Meslek Yüksek Okulu,
raydin@munzur.edu.tr Orcid No: 0000-0002-3002-0892

1. GİRİŞ

Balıkçılığın insanoğlunun ilk var olduğu zamanlara kadar dayandığı düşünülmektedir. İnsanlar avcı toplayıcı dönemlerde çoğunlukla sucul kaynakların kıyılarında yerleşmiş ve balık her zaman beslenmede önemli bir obje olmuştur. İlk zamanlarda ilkel yöntemler kullanılmıştır ancak avcılıkta kullanılan yöntemler ve araçlar teknoloji ile birlikte sürekli gelişmiştir. Özellikle 1950’li yıllardan sonra sentetik materyalin av araçlarında ve fosil yakıtın balıkçı gemilerinde kullanımı her geçen gün av gücünü ve av verimini artırmıştır. Ancak belli bir süre sonra av gücü artmasına karşın av miktarı belirli bir seviyede kalmış, daha sonra düşmeye başlamıştır. Bunun üzerine gelişmiş ülkelerdeki balıkçılık politikalarını belirleyen otoriteler, dünyadaki balıkçılık kaynaklarının sınırlı olduğunu ve popülasyonların aşırı avcılık neticesinde küçüldüğünü fark etmişlerdir. Bu otoriteler balık popülasyonlarının büyüklüğünün, dağılımının ve bileşiminin analiz edilmesi ve balıkçılığın buna göre planlanmasına karar vererek sürdürülebilir balıkçılığın temelini atmışlardır.

Bir balık popülasyonundan maksimum sürdürülebilir fayda sağlayabilmek için o balık popülasyonunun büyüklüğünün ve ayrıca popülasyona yeni katılım ve mevcut bireylerdeki ağırlık artışı sebebiyle popülasyondaki yıllık büyümenin bilinmesi gerekir. Popülasyondaki bir yıllık ağırlık artışına “popülasyonun verimi” denir. Modern balıkçılık; popülasyonların yıllık veriminin bilinerek bu verimin en az giderle elde edilmesidir (Mengi, 2000). Modern balıkçılığın tesis edilebilmesi için öncelikle doğal balık stoklarının büyüklüğünün uygun bir yöntemle tahmin edilmesi ve analiz edilmesi gerekir. Bugün dünyada bu amaçla birçok farklı stok tahmin yöntemi kullanılmaktadır. Bu çalışmanın amacı; doğal balık stoklarının tahmininde kullanılan yöntemleri analiz etmektir.

1. STOK TAHMİN YÖNTEMLERİ

1.1. Hidro – Akustik Yöntemler

Su içerisine periyodik olarak ses dalgaları gönderen ve bunların yankılarını analiz ederek sucul ortamın dip yapısını ve dip ile yüzey arasındaki objeleri tespit eden cihazlar (echo-saunder, sonar) geliştirilmiştir. Bu cihazlarla endüstriyel balıkçılıkta sürü oluşturan balıkların yerlerinin tespiti ve avlanması amaçlandığı gibi günümüzde olta balıkçılığında bile balık bulucu olarak kullanılmaktadırlar. Bunun yanı sıra balık popülasyonlarının büyüklüğünü ve dağılımını analiz etmek için akustik yöntemler en güvenilir metotlardan birisi olmuştur.

Balıkçılığa bağımlı verilere ihtiyaç duymayan stok tahmin yöntemlerinden biri olan hidro-akustik yöntem, gelişen teknoloji ve oluşturulan bilgi birikimine paralel daha güvenilir ve daha hassas sonuç veren bir yöntem olarak sıklıkla kullanılmaya başlanmıştır. Günümüzde uluslararası balıkçılık kuruluşları

tarafından deniz ve iç su stoklarının değerlendirilmesinde hidro-akustik yöntem önerilmektedir (Demiröl, 2019).

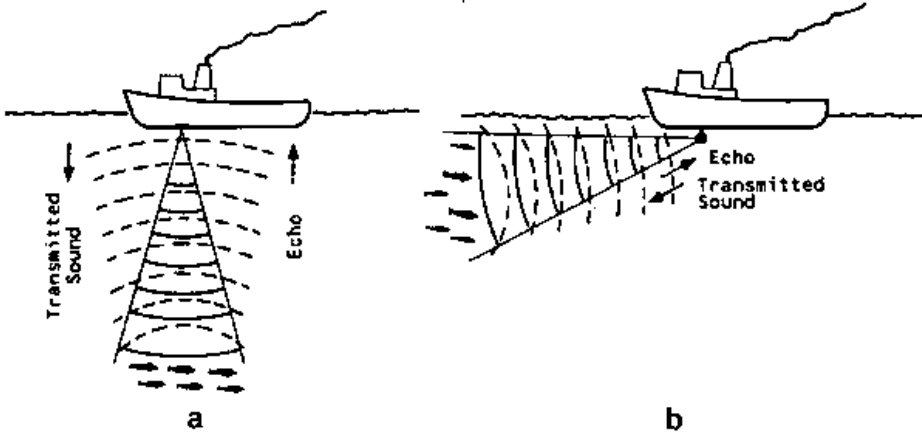
Akustik yöntemlerin balıkçılık araştırmalarında özellikle de stok tahmini çalışmalarındaki avantajlarına örnek olarak şunlar sıralanabilir:

- Birkaç balık stoğunun durumu hakkında zamanlıca (hızlı) ve özet bilgileri sağlaması,
- Oldukça geniş alanı kapsamaması,
- Veri toplama ve işlemenin hızlı olması,
- Balıkçılık kayıtları ya da diğer bir kaynağa gereksinim duymaksızın stok büyüklüğü tahmininin yapılabilmesi,
- Başka yöntemlerle ulaşılması hemen hemen imkânsız olan sürü oluşumu, şekli ve hareketleri gibi balık biyolojisi ile ilgili verilerin toplanabilmesi,
- Diğer hidrografik verilerle birlikte kullanıldığında deniz biyolojisinin temel problemlerine ışık tutabilmesi (Ünlüata ve ark., 1996; Demiröl, 2019).

1.1.1. Hidro-Akustik Sistemler ve Çalışma Prensipleri

Aktif bir echo sounder veya sonar, ses dalgalarını ileterek ve geri dönüş yankılarını algılayarak sualtı objeleri ve olayları hakkında bilgi edinmek için kullanılan sistemlerdir. Balık saptama ve biyokütle tahmini için kullanılan bu sistemlerin ürettiği ses dalgaları, müzik aletleri, hareketli araçlar, makineler, insan konuşma organları, vb. tarafından üretilenlerle aynı niteliktedir. İnsan kulağı yalnızca 50 ila 12000 Hertz (Hz; saniyedeki döngü) arasındaki frekansları algılayabilir. Balıkçılıkta kullanılan akustik sistemlerde ise 12000-500000 Hz (12-500 kHz) frekans aralığındaki sesler kullanılır ve bunlar insan kulağı tarafından işitilemezler. Ayrıca herhangi bir ses üretmeyip sadece sudaki canlılar ya da diğer fenomenlerle oluşan sesleri algılamak için kullanılan sistemler ise pasif sonar sistemleri olarak adlandırılır. Aktif akustik sistemler denizciler, balıkçılar ve bilim insanları tarafından kabul edilen iki grup altında toplanmış olup,

- Ses dalgalarının dikey olarak gönderildiği sistemler "echo sounder" (Şekil 1a).
- Ses dalgalarının yatay olarak gönderildiği sistemler "sonar" olarak adlandırılır (Şekil 1b) (Bazigos, 1981; Demiröl, 2019).



Şekil 1. Echo-sounder (a) ve sonar (b) sistemleri (Bazigos, 1981; Demiroğlu, 2019).

Her iki sistemin de genel çalışma prensipleri aynıdır. Balıkçılıkta kullanılan akustik sistemlerin çalışma prensibi oldukça basittir. Bir transmitter tarafından belli aralıklarla üretilen elektrik sinyalleri transdüsera gönderilip burada ses dalgalarına çevrilir bu ses dalgaları atımlar şeklinde cihazın türüne göre yatay ya da dikey olarak suya gönderilir. Sesin sudaki hızı bilindiğinden bu atımlar arasında derinliğe bağlı olarak sesin geri dönebilmesine ve bir sonraki atımla karışmasını önleyecek kadar süre beklenir. Suda bulunan balık ya da herhangi bir objeye veya deniz tabanına çarpan sesin bir kısmı geri yansır (echo) bu yankılar transdüser tarafından alınıp tekrar elektrik sinyallerine çevrilir ve bir alıcı (receiver) tarafından toplanır bu sinyaller ayrıca bir görüntüleme sistemi yardımıyla gerçek zamanlı olarak izlenir ve sistem tarafından kaydedilir. Bu sistemler sayesinde yankının kaynağı objenin, konumu, mesafesi veya büyüklüğü hakkında bilgiler toplanmış olur. Ancak bu tür bilgiler nicel olmaktan çok nitelikseldir. Tespit edilen balık miktarını ölçmek için eko-integratörler (belli sayıdaki balıktan alınan toplam yankıları ölçme aparatları) gibi daha sofistike işlemciler ve ekranlar geliştirilmiştir (Bazigos, 1981; Demiroğlu, 2019).

1.1.2. Biyokütle Tahmini

Yöntem günümüzde balık stoklarının niceliksel miktarının belirlenmesinde çok güçlü bir araç olduğu için hidro-akustik yöntemle balık stoklarının tahmini dendiği zaman, çoğu kez sofistike cihazlarla donatılmış araştırma gemileriyle bir kez balık stoğunun üzerinden veri alıp sonuca ulaşmak anlaşılmaktadır ancak gerçekte bu işlemler ve prosedürler çok daha karmaşık, hassas ve hataya açıktır.

Biyokütle, taranan bir alandaki birleştirilen yankılardan (integrated echoes) elde edilmiş balık yoğunluğu (deniz mili kare başına düşen ton) olarak tanımlanır. Birleştirilme sonuçları (V_o) şu faktörlerle ilişkilidir;

- SL (source level) + SRT (sensitivity of transducer) (dB),
- Sörveyden elde edilen akustik hedef büyüklüğü (TS) değeri (dB/kg),
- Eşdeğer sinyal faktörü,
- Gönderilen sinyal atım süresi gibi diğer enstrümental faktörler (dB),
- Sinyal atım sıklığı (dB),
- Sistem kazancı (dB),
- Birleştirme sabiti (dB) (Johannesson ve Mitson, 1983; Demiroğlu, 2019).

1.2. Markalama Yöntemleri

Markalama yöntemiyle balıkların işaretlenmesi ticari işletmelerde veya bilimsel araştırmalarda çok sık kullanılan bir yöntemdir. Bilimsel araştırmalarda; balık hareketlerinin belirlenmesinde, göç yollarının belirlenmesinde, farklı stoklar arasındaki karışımın araştırılmasında, üreme alanlarının belirlenmesinde, popülasyonun ölüm ve büyüme oranlarının belirlenmesinde, yaş tahmininde, fizyolojik parametrelerin tespitinde ve stok büyüklüğünün tahmininde markalama yöntemi kullanılabilmektedir.

Doğal balık stoklarının popülasyon büyüklüğünü tahmini, belli sayıda balığın markalanarak canlı olarak doğal ortamına geri bırakılması ve tekrar yapılan aynı yöntemle avcılık ile av içerisindeki markalı bireylerin sayılmasına dayanır. Ancak, markalama ve yeniden yakalama tekniğiyle stok tespiti belli varsayımları kabul eder.

1.2.1. Markalama Çalışmalarında Genel Kurallar ve Varsayımlar

Markalayarak stok tahmin edilmesi işlemleri şu nedenlerden ötürü oldukça zor ve zaman alıcı yöntemlerdir (Schneider, 2000).

- Doğal ortamlardaki balık popülasyonları genellikle çok büyüktür bu nedenle de çok sayıda balığın markalanması ve incelenmesi gerekir. Herhangi bir gün yapılan örnekleme, muhtemelen popülasyonun ancak çok küçük bir kısmını temsil eder. Bu nedenle markalı ve markasız balıkların oranını gerçekçi ve kalıcı bir şekilde tespit etmek için çok sayıda çalışma günü gerekir.
- Örnekleme süresi uzarsa, küçük balıklar büyüyüp markalanarak tahmin edilen boya ulaşabilir veya markalanmış balıklar markasız balıklara göre daha fazla bir oranda ölebilirler.

- Tuzaklar ve elektrikle avcılık derin sularda etkisiz olduğu için örnekleme zorlaşır
- Tahminin hassasiyeti örnekleme yapılan alanlardaki markalı ve markasız balıkların rasgele ve iyi karışmış olmasına bağlıdır. Bireyler tarafından bölgelerin sahiplenilmesi, günlük ya da mevsimsel hareketler veya diğer davranış kalıpları bu hassasiyete etki eder.
- Örnekleme aracı tür ve boyut üzerinde seçicidir. Bu nedenle tahminler katmanlı olarak yapıp daha sonra birbirlerine eklenmelidir.
- Sayısı belli stoklar olmadıkça ya da rezervuarın suyu tamamen boşaltılıp balıklar sayılmadıkça; populasyon tahminlerinin doğruluğunu karşılaştırma imkanı bulunmamaktadır (Ricker, 1975; Erkoyuncu, 1975; Korkmaz, 1988; Köksal vd., 2003; Demirel ve Yüksel, 2012).

Schneider (2000), markalama çalışmalarına ait genel kuralları şu şekilde ifade etmektedir;

- Hedef türler arasında, örnekler rasgele toplanmalıdır.
- Yakalama aletleri, göldeki balık yakalama ihtimalinin olduğu tüm yerlerde rasgele ve sistematik olarak yer değiştirmelidir.
- Bilgiler türlere ve boy guruplarına göre sınıflandırılmalıdır.
- Markalı ve markasız balıkların daha iyi karışmasını sağlamak için yakalanan örnekler av aracından mümkün olduğunca uzağa salınmalıdır.
- Markalanan balıkların popülasyona karışması için belirli bir süre beklenmelidir.
- Balıklar farklı rasgele örnekleme metotlarıyla yakalanmalıdır.
- Türler ve boy gurupları arasındaki markalı ve markasız balıkların oranları kaydedilmelidir.
- Kullanılabilir veya elleme ya da başka nedenlerden dolayı ölen markalı balıklar günlük kayıtlarda belirtilmelidir. Önemli sayıdaki kayıplar stok tahmininin hatalı yapılmasına sebep olabilmektedir.
- Popülasyon büyüklüğünün tahmini, uygun formül kullanılarak her bir tür ve büyüklük kombinasyonlarına göre ayrı ayrı hesaplanmalıdır (Schneider, 2000).

Markalama ve geri yakalama yöntemleriyle stok tahminleri;

- Markalı ve markasız balıkların ölüm oranlarının aynı olduğu
- Markalı ve markasız balıkların avlanabilirliğinin aynı olduğu
- Markalı ve markasız balıkların popülasyonda tesadüfi olarak karıştıkları
- Markaların kaybolmadığı ve markalı bireylerin tamamının tanındığı,

varsayımlarına dayanır (Ricker, 1975; Erkoyuncu, 1995; Korkmaz, 1998; Köksal vd., 2003; Demirel ve Yüksel, 2012).

1.2.2. Balık Popülasyonunun Tahmininde Kullanılan Markalama Ve Yeniden Yakalama Yöntemleri

1.2.2.1. Peterson Yöntemi

Popülasyon tahmin metotları arasında öncelikli ve en basit olanı markalama verileri ile yapılanlardır. Bilinmeyen büyüklükteki bir popülasyondan (N) yakalanıp, markalanarak popülasyona iade edilen bireylere “M”, sonraki avcılıkta yakalanan bireylere “C” ve bu avcılıkta yakalanan markalı bireylere “R” denirse; aşağıdaki formülle popülasyondaki birey sayısı tahmin edilebilir (Nielsen, 2004).

$$N = \frac{MC}{R}$$

Bu tahmin yöntemi oldukça basittir ve çok katı varsayımlara dayanır. Öncelikle popülasyon büyüklüğünü, markalanan ve geri yakalanan balıklar arasındaki sabit ilişki olarak kabul eder. Popülasyona doğum ya da göç gibi nedenlerle yeni birey girmediğini ve yine ölüm ya da göç gibi nedenlerle popülasyondan birey çıkmadığını varsayar. Bu varsayım sadece markalama ve geri yakalama periyodu kısa olursa geçerlidir. Yöntem ayrıca markalı ve markasız balıkların yakalanabilirliğinin eşit olduğunu ve son olarak da markaların kaybolmadığını, tüm markalanan balıkların tanınabildiğini varsayar (Nielsen, 2004).

1.2.2.2. Schnabel Yöntemi

Schnabel Yöntemi temelde Petersen Yöntemi ile aynıdır. Kapalı popülasyonlara uygulanır ve aynı varsayımları kabul eder. Ancak bu yöntemde, birden fazla markalama denemesi ve birden fazla yeniden yakalama denemesi yapılmaktadır.

Schnabel yönteminin uygulanmasında kullanılan formül aşağıdaki gibidir (Schnabel, 1938; Ricker, 1975; Seber, 1986).

$$N = \frac{\sum_{i=1}^n C_i \times M_i}{\sum_{i=1}^{n-1} R_i}$$

C_i : “t” zamanında “i” örnekte avlanan birey sayısı

M_i : “i” örneğinden önce markalanan toplam birey sayısı

R_i : “t” zamanında “i” örnekteki markalı birey sayısı ($i = 1, 2, \dots n$)

N: Populasyon büyüklüğü

1.2.2.3. Schumacher – Eschmeyer Yöntemi

Regresyon analizini esas alarak populasyon tahminlerine olanak veren yöntemler içinde en önemlilerinden biri 1943 yılında Schumacher ve Eschmeyer tarafından ileri sürülen doğrusal regresyon modelidir (Şen vd., 2004). Model kapalı populasyonlara uygulanır.

Modelin formülü Ricker’e (1975) göre, şu şekildedir (Schneider, 2000).

$$N = \frac{\sum_{d=1}^n C_d M_d^2}{\sum_{d=1}^n R_d M_d} ,$$

N: Populasyon büyüklüğü

C_d : “d” gününde avlanan birey sayısı (markalı + markasız)

R_d : “d” gününde yakalanan markalı balık sayısı

M_d : “d” gününe kadar markalanan toplam balık sayısı

d: Örnekleme numarası ($d_1, \dots d_n$)

1.2.2.4. Jolly – Saber Yöntemi

Bu yöntem Schnabel Yöntemine çok benzer, fakat açık populasyonlar için tasarlanmış bir yöntemdir. Yeni bireyler doğum ya da iç göç nedeniyle popülasyona dahil olabilir veya mevcut bireyler ölüm ya da dış göç sebebiyle popülasyondan ayrılabilir. Bu yöntemin de özünde tıpkı Schnabel Yönteminde olduğu gibi çoklu markalama ve geri yakalama denemeleri vardır. Bir örnekleme esnasında balıklar yakalanıp markalanır ve serbest bırakılır, fakat önceki yöntemlerden farklı olarak markalı bireyler takip edilir ve kayıtları tutulur. Bu yöntem diğerlerine nazaran daha fazla kayıt gerektirir (Nielsen, 2004).

Popülasyon açık kabul edilir ve çok sayıda markalı birey popülasyondan ayrılabilir. Saber (1982), “t” zamanında popülasyondaki markalı birey sayısının şu formülle tahmin edilebileceğini belirtir (Nielsen, 2004).

$$M = \frac{S_t Z_t}{W_t} + R_t$$

Burada popülasyonun büyüklüğü sabit kabul edilmez fakat Petersen Yönteminde olduğu gibi bütün markalı bireylerin tamamen karıştığı ve markaların tanımlanabilir olduğu varsayılır (Nielsen, 2004).

1.3. Yumurta ve Larva Metodu

Yumurta ve larva sörveyleri, balıkçılık problemlerin çözümünde balık türlerinin yumurtlama yer ve zamanlarının belirlenmesi açısından yardımcı olması dışında, yumurtlayacak stokun büyüklüğünün tahmin edilmesinde de büyük önem taşır (Kara, 1992).

Bu yöntem genelde stoğa katılacak yumurta ve larva miktarının saptanması ve bu miktardaki yumurta ve larvayı üreten eşeyssel olgunluğa erişmiş dişi balıkların miktarının tahmin edilmesi ile yapılır (Demir ve Akar, 1997). Ancak yapılacak tahminden güvenilir sonuçların elde edilebilmesi için, ilgili türün yumurtlama zamanı ve yerinin bilinmesi gerekmektedir. (Avşar, 2005).

Bu çalışmalarda belirlenecek olan istasyonların mesafeleri, üzerinde çalışılan balık türünün yumurtlama sahalarının boyutlarına ve balığın yumurtlama şartlarının bilgisine göre seçilir. Diğer önemli bir husus da, üzerinde çalışılan balığın erken olgunluk safhasının iyi bilinmesi ve yumurtasının çok iyi tanınmasıdır (Kara, 1992).

Yumurta ve larva yönteminin esası, bir mevsimde üretilen yumurta miktarı = yumurta bırakan dişilerin sayısı x stoktaki olgun dişilerin oranı x bir dişinin üretebildiği ortalama yumurta miktarı eşitliğine dayanmaktadır (Saville, 1977).

Böylece stoğun yıllık yumurta verimi tahmin edilebilir. Ayrıca dişilerin miktarı ve bir dişinin ortalama yumurta verimi bilinirse yumurta bırakan stoğun büyüklüğü hesaplanabilir (Demir ve Akar, 1997).

Yumurta ve larva örnekleme yoluyla popülasyon büyüklüğü tahmininde kullanılan “stoğun bir üreme sezonu boyunca ürettiği toplam yumurta sayısı” sonuç üzerinde çok etkilidir. O yüzden ilgili türün yumurtlama periyodu boyunca örnekleme birkaç kez tekrarlamada yarar vardır. Bunun için yumurtlama periyodunun başlangıcında, ortasında ve sonuna doğru en az üç örneklemenin yapılması, sonuçların geçerliliği açısından zorunludur. Aksi takdirde yapılan tahmin, olması gerekenden farklı olacaktır (Avşar, 2005).

1.4. Alan ve Hacim Yöntemleri

Trol ve çekme ağıları gibi bazı ağılar suyun belli bir hacmini tararlar. Bu durumda taranan su hacmi ağın boyutları dikkate alınarak yaklaşık olarak hesaplanabilir. Ağın çekildiği yön boyunca karşısına çıkan bütün balıkları avladığı varsayılırsa, mevcut balık sayısının minimum tahmini yapılmış olur. Daha doğru sonuç vermesi bakımından birden fazla çekim yapılarak ortalama alınır. Sonuçta balık miktarına ilişkin hesaplamalar taranan alan üzerinde yapılır. Bu yöntem söz konusu bölgedeki balık miktarının ilk tahminine ait bilgi vermesi bakımından da çok yararlıdır (Demir ve Akar, 1997).

Bu yöntem ile hesaplanan biyokütle, kullanılan ağın avlayabildiği balıklar göz önüne alınarak belirlenmektedir. Yani saptanan biyokütle miktarı, kullanılan ağın seçiciliğine bağlı olarak değişim göstermektedir. Dar gözlü ağ kullanılarak hesaplanan biyokütle miktarı çok, geniş gözlü ağın kullanılması sonucu hesaplanan biyokütle miktarı ise az olacaktır. Dolayısıyla bu yöntemle belirlenen biyokütle miktarına, kullanılan ağın seçiciliği nedeniyle avlayamadığı küçük balıklar dahil edilememektedir. Böylece bu yöntemle belirlenen biyokütlenin sadece belirli boya erişmiş balıklara ait olduğunu bilmede yarar vardır. Pratik olarak bu sorunu çözmek amacıyla mesleki avcılık filosunun kullandığı tipte ağ kullanılır. Böylece avcılığın etki alanındaki boy grupları gözetilmiş olmaktadır (Avşar, 2005).

1.5. Sanal Popülasyon Analizi (VPA)

Sanal popülasyon analizi (Virtual Population Analysis) yöntemi, bir yıl sınıfının doğumdan ölümüne kadar devam eden sürecini dikkate alan bir yaklaşımdır. Bir yıl sınıfı ilk yıllarda sayıca fazla iken her yıl doğal ya da balıkçılık ölümü nedenleriyle sayısı azalır. Ancak bu azalma doğrusal değil, negatif üssel bir azalımdır. Sanal popülasyon analizi temelde bu yaşam seyrini dikkate almaktadır. Stok içerisindeki en yaşlı grubun maksimum temsil edildiği varsayılarak, stok için daha önce hesaplanmış avcılık, doğal ve toplam ölüm oranlarını dikkate alarak yıl sınıfı en yaşlı gruptan en gence doğru sanal olarak yapılandırılmaktadır (Sarı, 2015).

Bu yöntem, “yaşa dayanan cohort metodu” ve “boya dayanan cohort metodu” olmak üzere iki şekildedir. Yaşa dayanan cohort metodu, bireysel yaş tayinleri yapılabilen stoklarda uygulanabilmektedir.

Boya dayanan cohort metodu ise sub-tropikal iklim kuşağının sıcak bölgeleriyle tropikal alanlarda yaşayan balıklarda yaş tayininde kullanılan iskelet dokularında (pul, otolit, omur, yüzgeç ışını, solungaç kapağı ve bazı yassı kemikler) yaş tayininde kullanılan zon yada halkalar belirgin olmadığından bu bölgelerdeki stok tahminlerinde kullanılmaktadır. Boya dayalı “cohort” analiz

yönteminin uygulanabilmesi için avlanan toplam ürünün boy dağılım kompozisyonunun bilinmesi gerekmektedir (Avşar, 2005).

Bu yöntem de yaşa dayalı “cohort” analizinde olduğu gibi, yıllık olarak avlanan ürünün boy dağılım kompozisyonunun stoğun gerçek boy dağılım kompozisyonunun bir göstergesi olduğu fikri kabul edilmektedir. Toplam ürün verileri kullanılarak her boy grubu için stokta gerçekte var olan balık miktarı hesaplanır (Avşar, 2005).

2. SONUÇ

Deniz ve içsu kaynaklarından sürdürülebilir yararlanmada karşılaşılan ilk problem, bu canlı kaynakların bolluğunun ne olduğu ve ne kadarlık bir yararlanmanın bu kaynakları tüketmeyeceği olmuştur. Bu sebeple balıkçılık faaliyetlerinin ilk yıllardan itibaren stok bolluğunu ya da büyüklüğünü tahmin etmek için çeşitli yöntemler geliştirilmiştir (Sarı, 2015).

Koruyucu tedbirlerin alınması için her şeyden önce populasyonların iyi araştırılmış olması gerekmektedir. Bilinmesi gerekli hususlar, populasyonların büyüklüğü, senelik çoğalma dereceleri, yaş gruplarının büyüklükleri, olgunlaşma zamanları, populasyon içi, populasyon dışı göçler, yaş gruplarının tabii ölüm oranları ve yine yaş gruplarına balıkçılığın etkisi, balıkçılıktan ileri gelen ölümdür. Yalnız bütün bunların bir kere en mükemmel şekilde tespit edilmiş olması problemin çözümüne yetmemekte, devamlı kontrolü gerekmektedir. Yanlış tedbirler populusyona zarar vermekle kalmaz, o populusyondan istifade eden balıkçılığı da büyük şekilde etkiler (Mengi, 1970).

Bir su ortamında mevcut balık stoğunun bilinmesi, balıkçılık yönetimi ve avcılık stratejisinin belirlenmesi açısından kaçınılmazdır. Herhangi bir balık stoğunun büyüklüğünün bilinmesi yani sayı ve ağırlıkça ortaya konması ancak bu su ortamındaki bütün balıkların avlanması ile mümkün olabilir. Fakat bu şekilde stokların büyüklük tespiti, uygulamada mümkün değildir. Bir populasyon büyüklüğüne ait verileri elde etmenin en iyi yolu belirli zaman aralıklarında avcılık suretiyle örnekleme yapmaktır (Atay, 1989).

Stoktaki balık miktarını tahmin etmek amacıyla geliştirilen bu yöntemlerin her birinin kendine özgü üstünlükleri olabildiği gibi, birbirine göre uygulama zorlukları da bulunmaktadır. Dolayısıyla, eldeki mevcut olanakların değerlendirilerek, en uygun yöntemin belirlenmesi gerekmektedir. Bu yolla elde edilecek bulgular, ilgili stoğun durumunun ortaya konulmasında ve geleceği hakkında yapılacak değerlendirmelere ışık tutmakta ve böylece balıkçılığın gelişmesine de katkı sağlamaktadır (Avşar, 2005).

KAYNAKLAR

- Avşar, D., 2005. Balıkçılık Biyolojisi ve Populasyon Dinamiği, Nobel Kitabevi, Adana, 332 s.
- Bazigos, G.P., 1981. A manual on acoustic surveys. Sampling methods for acoustic survey, CECAF/ECAF Ser., (80/17):137 p.
- Demir, Ü. ve Akar, M., 1997. Su Ürünlerinde Kullanılan Bazı Stok Büyüklüğünü Tahmin Yöntemleri, Çukurova Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, s. 21-30.
- Demirel, F., 2019. Hidro – Akustik Sistemlerin Balıkçılıkta Kullanımı, Doktora Semineri, Munzur Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 46 s., Tunceli.
- Demirel, F., Yüksel, F., 2012. Balık stoklarının tahmininde kullanılan markalama yöntemleri. Nwsa-Ecological Life Sciences, 7 (3), 35-55.
- Erkoyuncu, İ., 1995. Balıkçılık Biyolojisi ve Populasyon Dinamiği, Ondokuz Mayıs Üni. Sinop Su Ürün. Fak., ISBN 975-7636-29-0, Yayın No: 95, 265 s.
- Johannesson, K.A., Mitson, R.B., 1983. Fisheries acoustics. A practical manual for aquatic biomass estimation. FAO Fisheries Technical Paper, 240-249.
- Kara, Ö.F., 1992. Balıkçılık Biyolojisi ve Populasyon Dinamiği, Ege Üniversitesi Basımevi, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Yüksekokulu Kitaplar Serisi No : 27, 168 s.
- Korkmaz, A. Ş., 1998. Markalama-Tekrar Yakalama Tekniğiyle Populasyon Büyüklüğünün Tahmini: Petersen Metodu. Doğu Anadolu Bölgesi III. Su Ürün. Semp. 10-12 Haziran 1998, Erzurum, Bildiriler, s 303-322.
- Köksal, G., Korkmaz, A. S. ve Kırkağaç, M., 2003. Ankara-Dikilitaş Göleti Tatlı Su Istakozu (*Astacus leptodactylus* Esch., 1823) Populasyonunun incelenmesi, Tarım Bilimleri Dergisi, 9 (1), 51-58.
- Mengi, T., 2000. Av araçları ve Avlanma Tekniği, Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Lisans Üstü Eğitim Dersi, Elazığ.
- Nielsen, A., 2004. Estimating Fish Movement, Ph.D. thesis, Department of Mathematics and Physics, Royal Veterinary and Agricultural University, Copenhagen.
- Ricker, W. E., 1975. Computation and Interpretation of Biological Statistics of Fish Populations, Bull. Fish Res. Board, Can., 191, 88-112.
- Seber, G. A. F. (1986). A Review of Estimating Animal Abundance. Biometrics 42, 262-292.
- Saville, A., 1977. Survey Methods of Appraising Fishery Resources, FAO Fisheries Tekn., 76 p.
- Schnabel, Z. E., 1938. The Estimation of Total Fish Populations of a Lake, Am. Math., Monthly, 45, 348-352.

- Schneider, J. C. (ed)., 2000. Manual of fisheries survey methods II: with periodic updates. Michigan Department of Natural Resources, Fisheries SpecialReport 25, Ann Arbor.
- Şen, C., Yeşilova, A. ve Kaki, B., 2004. Van İlindeki Kanser Hastaları Populasyonunun Büyüklüğünün Tahmini, Yüksek Lisans Tezi, Yüzüncü Yıl Üniv. Zir. Fak. Zoo Tek. Blm, Van.
- Ünlüata, Ü., Bingel, F., Bekiroğlu, Y., Gücü, A.C., Niermann, U., Kıdeyş, A.E., Mutlu, E., Doğan, M., Kayıkçı, Y., Avşar, D., Genç, Y., Okur, H., Zengin, M., 1996. Karedeniz Stok Tespiti Projesi, DEBÇAG 74/G, DEBÇAG 139/G ve DEBAG 115/G, Final Raporu, Trabzon.

Bölüm 5

Balıklarda Hematopoetik Hastalıklar

Selçuk DUMAN¹

¹ Doç. Dr., Çukurova Üniversitesi, İmamoğlu Meslek Yüksekokulu, Su Ürünleri Bölümü, Adana, TÜRKİYE.
sduman@cu.edu.tr. orcid: 0000-0002-6771-3385

ÖZET

Memelilerdeki kemik iliğine benzer şekilde, balıklardaki ön böbrek hematopoez için birincil yer görevi görürken, dalak kan filtrasyonunda ve bağışıklık hücrelerinin sentezinde rol oynayan ikincil bir hematopoetik organ görevi görür. Hematopoetik balık hastalıklarının kontrolünde çevre yönetimi, besin takviyesi ve destekleyici bakım oldukça önemlidir. Ayrıca antibiyotikler, antiviraller veya antiparaziter ilaçlar yoluyla altta yatan nedeni ortadan kaldırmaya odaklanan yönetim ve tedavi yaklaşımları da ele alınmalıdır. Balıklarda hematopoetik hastalıkların neden olduğu sağlık sorunlarını anlamak, özellikle balık sağlığını düzeltme ve su ürünleri yetiştiriciliğinin sürdürülebilirliği açısından önemlidir. Bu bölüm balıklardaki hematopoietik hastalıklara dair kapsamlı bir genel bakış sunarak böbrek, dalak ve bazen karaciğeri içeren hematopoetik sistemlerinin yapısı ve işlevi hakkında bilgi içermektedir.

Anahtar Sözcük; balık, hematopoetik, hastalık, hematopoez

GİRİŞ

Balıklarda hematopoetik hastalıklar hematopoez süreci için gerekli olan ve karaciğer, ön böbrek ve dalak gibi kan hücrelerini oluşturmak için özelleşmiş olan organları etkileyen karmaşık bir dizi bozukluktur. Bulaşıcı ajanlar, genetik bozukluklar, çevresel stresler ve beslenme yetersizlikleri gibi çok sayıda faktör bu hastalıkların gelişimine katkıda bulunabilir (Fänge, 1986; Martin ve ark., 2011; Shoemaker ve ark., 2015; Robertson ve ark., 2016; Gore ve ark., 2018). Bu hastalıklar hem doğada bulunan hem de kültür ortamında üretilen balık popülasyonlarının hayatta kalmasını ve genel refahını etkilediğinden, bunları anlamak kritik öneme sahiptir. Hematopoetik organlar bağışıklık tepkilerinde önemli bir rol oynadığından, bu sistemleri etkileyen hastalıklar balıkların enfeksiyonlara karşı bağışıklığını bozabilir, balıklarda ölüm oranını artırabilir ve su ürünleri yetiştiriciliğinde ekonomik kayıplara neden olabilir.

Balıklarda Hematopoetik Sistem

Balıkların ve memelilerin hematopoetik sistemleri birbirinden çok farklıdır. Balıklarda böbrek ve dalak, hematopoezin birincil bölgeleridir ve ön böbrek hem bağışıklık hücresi üretimi hem de hematopoez için öncelikli organ görevi görür (Anderson ve Zeeman, 2020; Witeska ve ark., 2023). Dalak, kan filtrasyonu ve depolanmasında rol oynar ve ikincil bir hematopoetik organ olarak işlev görür. Ayrıca bazı balık türlerinin karaciğerinde hepatik hematopoetik odaklar da olabilir (Anderson ve Zeeman, 2020).

Anatomik ve Fonksiyonel Görünüm

Böbrek: Ön ve arka kısımlara ayrılmıştır. Memeli kemik iliğine benzer şekilde, ön böbrek, eritrositleri, lökositleri ve trombositleri üreten önemli bir hematopoetik organdır. Öte yandan, arka böbreğin birincil amacı boşaltımdır (Fänge ve Nilsson, 1985).

Dalak: Hasarlı veya yaşlanmış kan hücrelerini filtreleyen ve bağışıklık hücrelerinin sentezine yardımcı olan ikincil bir hematopoetik organdır (Bruslé ve Anadon, 2017).

Karaciğer: Bazı türlerde, özellikle enfeksiyon veya yaralanma gibi durumlarda ekstramedüller hematopoez sergiler (Bruslé ve Anadon, 2017).

Balıklarda Hematopoetik Hastalıkların Etiyolojileri

Birçok dışsal ve içsel değişken balıklarda hematopoetik bozuklukların gelişimini etkileyebilir. Genel olarak etiyolojik sınıflandırmalar şunlardan oluşur:

Bulaşıcı Etkenler

Bakteriyel: *Aeromonas spp.*, *Yersinia ruckeri* ve *Vibrio spp.* gibi patojenler hematopoetik dokuları istila ederek bakteriyel sepsis gibi durumlara neden olabilir, anemi ve lökopeniye yol açabilir (Shoemaker ve ark., 2015; Groff ve Lapatra, 2000; Powell, 2000).

Viral: Özellikle genç balıklar, dalağı ve böbreği etkileyen ciddi hematolojik nekroza neden olabilen Enfeksiyöz Hematolojik Nekroz Virüsü (IHNV) ve Viral Hemorajik Sepsis Virüsü (VHSV) dahil olmak üzere virüslerden ağırlıklı olarak etkilenebilirler (Leong ve Kurath, 2017; Lazarte ve Jung, 2022).

Parazitik: *Trypanosoma spp.* ve *Myxobolus spp.* gibi kan parazitleri hematopoetik dokulara hücum ederek normal kan hücresi üretimini engelleyerek ve splenomegali veya anemiye neden olabilirler (Bruno ve ark., 2006).

Genetik Bozukluklar

Rejeneratif olmayan anemi veya lösemiye benzeyen hastalıklar gibi hematopoetik anomaliler, genetik değişikliklerden kaynaklanabilir (Witeska ve ark., 2023). Nadir görülse de bu durumlar hem kültür balıklarında hem de doğadaki balık popülasyonlarında gözlemlenebilir.

Yetersiz Beslenme

Balıklarda görülen anemi, demir, folik asit veya B vitamini eksiklikleri gibi beslenme nedenlerinden kaynaklanabilir (Shefat ve Karim, 2018). Demir eksikliği doğrudan hemoglobin sentezini ve oksijen transferini etkilediği için özellikle önemlidir.

Çevresel Stres Faktörleri

Hipoksi, su kirliliği, sudaki sıcaklık değişiklikleri ve diğer olumsuz çevresel koşullar, hematopoetik dokuların çalışma yeteneğini doğrudan veya dolaylı olarak bozabilir. Kurşun veya kadmiyum gibi ağır metal toksisitesi, hematopoetik hücrelerin nekrozuna neden olarak bağışıklık sisteminin baskılanmasına ve enfeksiyonlara karşı artan duyarlılığa neden olabilir (Heath, 1995; Sahan ve ark., 2010).

Klinik Belirtiler

Hematopoietik hastalıklar genellikle spesifik olmayan belirtilerle ortaya çıkar ve bu da tanıyı zorlaştırır. Yaygın klinik belirtiler ise şunlardır:

Anemi: Uyuşukluk ve soluk solungaçlar aneminin yaygın belirtileridir. Balıklar ayrıca aerobik aktiviteye katılma yeteneğinde azalma gösterebilir.

Splenomegali: Dalağın büyümesi, özellikle enfeksiyonlarda ve parazit istilalarında sıklıkla görülen bir bulgudur.

Peteşiyel Kanamalar: Bunlar sistemik kanama hastalıklarının göstergesidir ve sıklıkla ciltte veya yüzgeçlerde belirgindir.

Lökopeni/Lökositoz: Anormal bir lökosit sayısı, sıklıkla enfeksiyonlar veya neoplazi ile bağlantılı olan hematopoetik bir hastalığın varlığını gösterebilir (Orecka-Grabda, 1986; Baumgartner ve ark., 2022).

Tanı Yöntemleri

Hematolojik profil, modern tanı prosedürleri ve klinik muayene, balıklarda hematopoetik bozuklukların doğru bir şekilde tanımlanması için gereklidir. Genel tanı yöntemleri şunlardan oluşur:

Hematolojik Testler

Tam Kan Sayımı: Lökosit, trombosit ve eritrosit miktarlarının kapsamlı bir özetini sunar. Düşük hematokrit veya hemogloblin konsantrasyonu, anemiye teşhis etmek için kullanılır, lökosit farklılıkları lösemik veya bulaşıcı hastalıkları tanımlamak için kullanılır (Şahan ve Cengizler, 2002; Duman, 2020).

Kan Yaymaları: Kan parazitlerini tespit etmek ve eritrositler ile lökositlerdeki morfolojik değişiklikleri analiz etmek için faydalıdır (Cengizler ve Şahan, 2000; Duman, 2020).

Histopatoloji

Karaciğer, dalak ve böbreğin histolojik analizi neoplastik değişiklikleri, granülomatöz inflamasyonu veya doku nekrozunu gösterebilir. Belirli patojenleri veya hücre belirteçlerini tanımlamak için özel boyalar ve immünohistokimya kullanılabilir (Kurutaş ve ark., 2009; Dyková ve ark., 2021).

Moleküler Teknikler

Polimeraz Zincir Reaksiyonu (PCR) ve dizileme, özellikle viral hastalıklarda belirli patojenleri tespit etmek için kullanılır. Akış sitometrisi ve gen ekspresyonu çalışmaları da neoplastik veya displastik hematopoetik bozuklukların karakterizasyonunda yardımcı olabilir (Cunningham, 2002).

Yönetim ve Tedavi Stratejileri

Balıklarda hematopoetik hastalıkların tedavisi, altta yatan nedenin ele alınmasını, destekleyici bakımı ve bazı durumlarda özel farmakolojik müdahaleleri içerebilir.

Antibiyotik ve Antiviral Tedavi

Patojenin duyarlılık profiline bağlı olarak, enrofloksasin veya oksitetrasiklin gibi antibiyotikler bakteriyel enfeksiyonları tedavi etmek için kullanılabilir. Viral hastalıkların yönetimi daha zordur ve destekleyici bakım ve biyogüvenlik önlemleri birincil stratejilerdir (Preena, 2019).

Antiparaziter Tedavi

Kininin veya metronidazol gibi belirli antiparaziter ilaçlar, kan parazitlerini tedavi etmek için kullanılabilir, ancak etkililikleri parazit türüne bağlı olarak büyük ölçüde değişebilir (Speare ve ark., 1999).

Beslenme Desteği

Besin eksikliklerini gidermek için diyet takviyeleri kullanılabilir. Anemik balıklar için demir takviyesi, B vitamini veya folatla (folik asit) zenginleştirilmiş diyetler önerilebilir (Shefat ve Karim, 2018).

Çevre Yönetimi

Hematopoetik hastalıkların gelişmesini ve yayılmasını önlemek, su kalitesinin iyileştirilmesi ve stok yoğunluğunun en aza indirilmesi gibi çevresel stres faktörlerinin azaltılmasını gerektirmektedir. Enfeksiyonun yayılmasını önlemek için, etkilenen balıklar karantinaya alınmalıdır (Chong ve ark., 2011).

Gelecekteki Yaklaşımlar

Balıklardaki hematopoetik hastalıkların araştırması hala yeterli düzeye ulaşmamıştır. Gelecekteki araştırmaların temel alanları ise aşağıdaki başlıkları içerebilir:

Viral Hematopoetik Nekrozun Patogenezi: IHNV gibi virüslerin hematopoetik işlevi moleküler düzeyde nasıl bozduğuna dair daha derin bir anlayışa ihtiyaç vardır.

Hematopoetik Bozuklukların Genetik Temeli: Hematopoetik hastalıklarla bağlantılı genetik mutasyonların belirlenmesiyle hastalık direnci için seçici üreme mümkün olabilir.

Hedefli Terapilerin Geliştirilmesi: Günümüzde, özellikle virüsler ve parazitlerin neden olduğu hastalıklar için yeterli tedavi alternatifi mevcut değildir. Gen düzenleme veya immünomodülatör teknolojilerini kullanan hedefli tedaviler için gelecekteki gelişmeler umut verici olabilir.

SONUÇ

Balıklardaki hematopoetik hastalıklar sağlık, bağışıklık yeterliliği ve genel sağ kalım üzerindeki etkileri nedeniyle önemli bir endişe kaynağıdır. Etkili bir yönetim için, bu bozuklukların arkasındaki patofizyolojik mekanizmaların yanı sıra, balık hematopoetik sisteminin de kapsamlı bir şekilde anlaşılması önemlidir. Hematopoetik balık hastalıklarının tanısı ile ilgili tekniklerdeki gelişmeler, bu bozuklukları teşhis etme, tedavi etme ve önleme yeteneğini geliştirerek balık sağlığının iyileştirilmesine ve su ürünleri yetiştiriciliğinin sürdürülebilirliğine katkı sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

- Anderson, D. P., & Zeeman, M. G. (2020). Immunotoxicology in fish. In *Fundamentals of aquatic toxicology* (pp. 371-404). CRC Press.
- Baumgartner, W., Alcivar-Warren, A., Aydin, F. G., Bateman, K., Clinton, M., Duignan, P., ... & Nemeth, N. M. (2022). Pathology of Aquatic Animal Diseases. In *Fundamentals of Aquatic Veterinary Medicine* (pp. 73-134). John Wiley & Sons Hoboken, New Jersey, USA.
- Bruno, D. W., Nowak, B., & Elliott, D. G. (2006). Guide to the identification of fish protozoan and metazoan parasites in stained tissue sections. *Diseases of aquatic organisms*, 70(1-2), 1-36.
- Bruslé, J., & Anadon, G. G. (2017). The structure and function of fish liver. In *Fish morphology* (pp. 77-93). Routledge.
- Cengizler, İ., & Şahan, A. (2000). Seyhan baraj gölü ve seyhan nehrin de yaşayan aynalı sazan (*Cyprinus carpio*, Linnaeus, 1758)'larda bazı kan parametrelerinin belirlenmesi. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 24(3), 205-214.
- Chong, R., Bousfield, B., & Brown, R. (2011). Fish disease management. *Veterinary Bulletin-Agriculture, Fisheries and Conservation Department Newsletter*, 1, 1-12.
- Cunningham, C. O. (2002). Molecular diagnosis of fish and shellfish diseases: present status and potential use in disease control. *Aquaculture*, 206(1-2), 19-55.
- Duman, S. (2020). Determination of reference values of some hematological and immunological parameters in healthy Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*). *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 5(2), 212-217.
- Dyková, I., Žák, J., Reichard, M., Součková, K., Slabý, O., Bystrý, V., & Blažek, R. (2021). Histopathology of laboratory-reared Nothobranchius fishes: Mycobacterial infections versus neoplastic lesions. *Journal of Fish Diseases*, 44(8), 1179-1190.
- Fänge, R., & Nilsson, S. (1985). The fish spleen: structure and function. *Experientia*, 41, 152-158.
- Fänge, R. (1986). Physiology of haemopoiesis. In *Fish physiology: recent advances* (pp. 1-23). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Gore, A. V., Pillay, L. M., Venero Galanternik, M., & Weinstein, B. M. (2018). The zebrafish: A fintastic model for hematopoietic development and disease. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Developmental Biology*, 7(3), e312.

- Groff, J. M., & Lapatra, S. E. (2000). Infectious diseases impacting the commercial culture of salmonids. *Journal of Applied Aquaculture*, 10(4), 17-90.
- Heath, A. G. (1995). *Water pollution and fish physiology*. Boca Raton, CRC press.
- Kurutaş, E. B., Şahan, A., & Altun, T. (2009). Oxidative stress biomarkers in liver and gill tissues of spotted barb (*Capoeta Barroisi* Lortet, 1894) living in Ceyhan river, Adana-Turkey. *Turkish Journal of Biology*, 33(4), 275-282.
- Lazarte, J. M. S., & Jung, T. S. (2022). Viral hemorrhagic septicemia virus: a review. *Aquaculture Pathophysiology*, 299-313.
- Leong, J. A. C., & Kurath, G. (2017). Infectious haematopoietic necrosis virus. In *Fish Viruses and Bacteria: pathobiology and protection* (pp. 13-25). Wallingford UK: CABI.
- Martin, C. S., Moriyama, A., & Zon, L. I. (2011). Hematopoietic stem cells, hematopoiesis and disease: lessons from the zebrafish model. *Genome medicine*, 3, 1-11.
- Orecka-Grabda, T. (1986). Hematological, clinical and anatomical pathology of the European eel (*Anguilla anguilla* (L.)) from polluted waters of northwestern Poland. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*, 16, 107-127.
- Powell, D. B. (2000). Common diseases and treatment. In *The Laboratory Fish* (pp. 79-92). Academic Press.
- Preena, P. G., Dharmaratnam, A., Raj, N. S., Kumar, T. V. A., Raja, S. A., & Swaminathan, T. R. (2019). Antibiotic susceptibility pattern of bacteria isolated from freshwater ornamental fish, guppy showing bacterial disease. *Biologia*, 74(8), 1055-1062.
- Robertson, A. L., Avagyan, S., Gansner, J. M., & Zon, L. I. (2016). Understanding the regulation of vertebrate hematopoiesis and blood disorders—big lessons from a small fish. *FEBS letters*, 590(22), 4016-4033.
- Sahan, A., Kurutas, E. B., & Altun, T. (2010). The determination of biochemical indicators (biomarkers) in the common carp (*Cyprinus carpio*) to the physico-chemical parameters of the Ceyhan River (Adana-Turkey). *Ekoloji*, 19(76), 8-14.
- Shoemaker, C., Xu, D. H., LaFrentz, B., & LaPatra, S. (2015). Overview of fish immune system and infectious diseases. *Dietary nutrients, additives, and fish health*, 1-24.
- Shoemaker, C., Xu, D. H., LaFrentz, B., & LaPatra, S. (2015). Overview of fish immune system and infectious diseases. *Dietary nutrients, additives, and fish health*, 1-24.

- Shifat, S. H. T., & Karim, M. A. (2018). Nutritional diseases of fish in aquaculture and their management: A review. *Acta Scientific Pharmaceutical Sciences*, 2(12), 50-58.
- Speare, D. J., Athanassopoulou, F., Daley, J., & Sanchez, J. G. (1999). A preliminary investigation of alternatives to fumagillin for the treatment of *Loma salmonae* infection in rainbow trout. *Journal of Comparative Pathology*, 121(3), 241-248.
- Şahan, A., & Cengizler, İ. (2002). Seyhan Nehri (Adana Kent İçi Bölgesi)'nde Yaşayan Benekli Siraz (*Capoeta barroisi* Lortet, 1894) ve Kızıl göz (*Rutilus rutilus* Linnaeus, 1758)'de Bazı Hematolojik Parametrelerin Belirlenmesi. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 26(4), 849-858.
- Witeska, M., Kondera, E., & Bojarski, B. (2023). Hematological and hematopoietic analysis in fish toxicology—a review. *Animals*, 13(16), 2625.

Bölüm 6

Organik Balık Yetiştiriciliği

Selçuk DUMAN¹

¹ Doç. Dr., Çukurova Üniversitesi, İmamoğlu Meslek Yüksekokulu, Su Ürünleri Bölümü, Adana, TÜRKİYE.
sduman@cu.edu.tr. orcid: 0000-0002-6771-3385

ÖZET

Organik balık yetiştiriciliği, balık refahı ve gıda güvenliğini sağlarken çevresel etkiyi en aza indiren, katı ekolojik ilkelere bağlı kalan sürdürülebilir bir balık yetiştirme yaklaşımıdır. Kimyasal girdilerin kullanımı, antibiyotiklerin aşırı kullanımı ve ekosistem bozulması gibi geleneksel su ürünleri yetiştiriciliğiyle ilişkili çevresel ve sağlık sorunlarından kaçınırken, balık için artan küresel talebi karşılamayı amaçlar. Organik balık yetiştiriciliği, su kalitesi kontrolü, doğal kaynak yönetimi, biyolojik çeşitliliğin korunması ve organik yem kullanımı yoluyla dengeli bir ekosistemin sürdürülmesine katkı sağlar. Organik balık üretimindeki zorluklar arasında sertifikalı organik yemlerin sınırlı bulunabilirliği, hastalık yönetimi, yüksek üretim maliyetleri ve sertifikasyon karmaşıklığı yer alır. Organik balık üretiminin faydalarına ise, azaltılmış çevresel etki, artan hayvan refahı ve iyileştirilmiş gıda güvenliği örnek olarak verilebilir.

Anahtar Sözcük; balık, organik, gıda, yetiştiricilik

GİRİŞ

Organik balık yetiştiriciliği, gıda güvenliğini ve balık refahını korurken çevre üzerindeki olumsuz etkilerini azaltan, ekolojik yönergeleri izleyen sürdürülebilir bir balık üretim yöntemidir. Amaç, geleneksel balık yetiştiriciliğinin çevre ve insan sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerinden kaçınırken, dünya çapında artan balık talebini karşılamaktır. Bu olumsuz etkilere antibiyotiklerin yoğun kullanımı, pestisitler, kaynakların aşırı tüketilmesi, kimyasal girdiler ve ekosistem hasarı gibi unsurlar dahildir. Organik balık yetiştiriciliğinin temel hedefleri biyolojik çeşitliliğin korunması, su kalitesi yönetimi, doğal kaynak yönetimi ve organik yem kullanımıdır (Atoma ve ark., 2019; Beg ve ark., 2024).

Bu bölüm, organik balık yetiştiriciliğinin temellerinin yanı sıra sistemin asıl unsurlarını, yetiştirilen türleri, en iyi uygulamaları, sertifikasyon gerekliliklerini, sektörün potansiyel gelecekteki gelişmeleri ve organik balık yetiştiriciliği sektörünün karşılaştığı sorunları ele alacaktır.

Organik Balık Yetiştiriciliğinin İlkeleri

Ekolojik Denge

Yetiştiricilik ortamının ekolojik dengesini korumak, organik balık yetiştiriciliğinin temel amacıdır. Bu, biyolojik çeşitliliği artırarak, doğal kaynakları koruyarak ve yakındaki ekosistemlere verilen zararları sınırlayarak gerçekleştirilir. Organik sistem, doğal su kalitesini korumaya ve su ekosistemlerini bozma potansiyeli olan kimyasal kirleticilerden kaçınmaya büyük önem verir (Aubin ve ark., 2019; FAO, 2018).

Balık Refahı

Balık refahı organik balık yetiştiriciliğinde en önemli önceliktir. Geleneksel yöntemlerin aksine, stok yoğunlukları aşırı popülasyonu önlemek, stresi azaltmak ve hastalık salgınlarını durdurmak için daha düşük seviyelerde tutulur. Ek olarak, organik balık üreticileri büyümeyi teşvik eden ilaçlar veya hormonlar yerine doğal büyüme oranlarına güvenirlir (Gould ve ark., 2019).

Organik Yem Kullanımı

Organik balık yetiştiriciliğinde balık yemi sertifikalı organik kaynaklardan elde edilmelidir. Yemde kullanılan balık unu ve balık yağı organik olarak veya sürdürülebilir bir şekilde yönetilen balıkçılıktan üretilmelidir. Ayrıca, organik yemde sentetik katkı maddeleri, büyüme destekleyicileri ve genetiği değiştirilmiş organizmalar (GDO) bulunmamalıdır (Ahmed ve ark., 2020).

Sağlık Yönetimi

Organik balık üretiminde önleyici sağlık yönetimi ve doğal maddelerin kullanımı sentetik ilaç kullanımından daha önceliklidir. Balık popülasyonunu sağlıklı tutmak için organik yetiştiriciler sentetik ilaçlar ve antibiyotikler yerine probiyotikler ve bitki özleri gibi doğal çözümleri kullanırlar. Hastalık salgınlarını önlemek için dengeli bir yem rasyonu, yeterli alan ve etkili su yönetimi esastır (Duman ve Şahan, 2018; Beg ve ark., 2024).

Sürdürülebilirlik ve Kaynak Verimliliği

Organik balık yetiştiriciliği, yenilenebilir kaynakları kullanarak ve besinleri geri dönüştürerek kaynak verimliliğini destekler. Polikültür veya akuaponik gibi entegre sistemler, besinleri geri dönüştürmek ve atıkları azaltmak için balık yetiştiriciliğini bitki üretimiyle birleştirir. Bu sistemler, doğal ekosistemleri taklit eden ve çevresel ayak izini en aza indiren kapalı devre sistemleri oluşturmaya yardımcı olur (Martan, 2008; Barbosa ve ark., 2022; Beg ve ark., 2024).

Organik Balık Yetiştiriciliğinin Temel Bileşenleri

Yer Seçimi

Organik balık üretimi için uygun bir yer seçmek oldukça önemlidir. Seçilen konumun yüksek kalitede temiz, kirlenmemiş doğal su kaynaklarına erişiminin olması gerekir. Organik yetiştiricilik yapılacak çiftliklerde, yakındaki çiftliklerden, endüstriyel alanlardan veya su aracılığı ile gelen kirlenmeye karşı koruma sağlamak için tampon bölgelere veya koruyucu bölgelere sıklıkla ihtiyaç duyulur (Stefani ve ark., 2012; Estévez ve Vasilaki, 2023).

Su Kalitesi Yönetimi

Su kalitesi, organik yetiştiricilik sistemlerinde balıkların sağlığı ve büyümesi için kritik öneme sahiptir. Organik üreticiler, en elverişli koşulları sağlamak için oksijen seviyeleri, sıcaklık, pH ve besin konsantrasyonu gibi parametreleri sürekli olarak izlemelidir. Su dezenfeksiyonu için klor gibi kimyasal işlemler organik sistemlerde yasaktır, bu nedenle üreticiler su kalitesini korumak için biyolojik filtreler, havalandırma veya inşa edilmiş sulak alanların kullanımı gibi doğal yöntemler kullanmalıdır (Bush ve ark., 2013; Uddin ve ark., 2016)..

Stok Yoğunluğu

Organik balık yetiştiriciliğinde azaltılmış stok seviyeleri balık popülasyonlarında stresi, saldırganlığı ve hastalık vakalarını azaltır. İzin verilen stok yoğunlukları, organik sertifikasyon kuruluşları tarafından verilen türlere özgü önerilere bağlıdır. Bu düşük stok yoğunlukları, balıklara yüzmeleri ve doğal

davranışlar sergilemeleri için yeterli alan sağlayarak refahlarını desteklemeyi amaçlar (Defrancesco, 2003; Awuor ve Karugu, 2014).

Organik Yem

Daha önce de belirtildiği gibi, yem organik balık yetiştiriciliğinin önemli bir parçasıdır. Organik yem, sentetik kimyasallardan, GDO'lardan ve antibiyotiklerden arındırılmış olmalıdır. Yem hem organik hem de sürdürülebilir olmalıdır, yani üretimi aşırı avlanmaya veya çevresel bozulmaya katkıda bulunmamalıdır. Üreticiler yemlerini sıklıkla yosun, böcek ve bitki bazlı proteinler gibi doğal maddelerle desteklerler (Mente ve ark., 2011).

Hastalıkların Önlemesi

Organik balık yetiştiriciliği sistemlerinde hastalık önleme, reaktif tedavilerden ziyade proaktif sağlık yönetimine dayanır. Üreticiler, su kalitesini korumak, dengeli beslenme sağlamak ve patojenlerin yayılmasını önlemek için biyogüvenlik önlemleri uygulamak gibi doğal stratejiler kullanır. Aşılamaya organik sertifikasyon altında izin verilir, ancak antibiyotiklere yalnızca belirli durumlarda ve sıkı denetimle izin verilir (Şahan ve Cengizler, 2002; Mente ve ark., 2011; Xie ve ark., 2013; Duman, 2020).

Organik Yetiştiricilik İçin Uygun Balık Türleri

Salmonidler

Atlantik somonu (*Salmo salar*) ve gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) gibi türler organik balık yetiştiriciliği için popüler seçimlerdir. Bu türler soğuk, temiz sularda gelişir ve düşük stok yoğunlukları kullanılarak yetiştirilebilir.

Sazan

Sazan türleri, organik polikültür sistemlerinde iyi performans gösteren dayanıklı, omnivor balıklardır. Yaygın olarak kullanılan türlerden biri de *Cyprinus carpio*' dur. Genellikle yayın balığı ve tilapya gibi diğer türlerle birlikte doğal ekosistemleri taklit eden gölet sistemlerinde kullanılırlar.

Tilapya

Tilapya (*Oreochromis spp.*) organik balık üretim sistemlerinde yetiştiricilik için uygundur. Son derece uyumludurlar ve hem akuaponik sistemlerde hem de geniş havuz sistemlerinde yetiştirilebilirler.

Yayın balığı

Ictalurus punctatus ve *Clarias gariepinus* gibi yayın balığı türleri çeşitli su koşullarına toleransları ve doğal beslenme stratejileriyle uyumlulukları nedeniyle organik balık yetiştiriciliği için oldukça uygundur (Jasmine ve ark., 2011; Adámek ve ark., 2019; Beg ve ark., 2024).

Sertifikasyon Standartları

Organik balık üretimi uygulamalarının bütünlüğünü sağlamak için, üreticiler Avrupa Birliği (AB) Organik Standartları, USDA Organik veya Naturland gibi ulusal veya uluslararası kuruluşlar tarafından belirlenen sertifikasyon standartlarına uymalıdır. Bu standartlar organik yem, hastalık önleme, stoklama yoğunlukları ve su kalitesi yönetimi için gereklilikleri tanımlar.

AB Organik Standartları

Avrupa Birliği Organik Standartları, organik balık üretimi için ayrıntılı kurallar belirler. Bunlara sürdürülebilir yem tedarikleri açısından kurallar, katı stok yoğunluğu sınırlamaları ve sentetik kimyasallara ilişkin yasaklar dahil edilebilir.

USDA Organik Standartları

ABD'de, USDA Organik Standartları organik balık yetiştiriciliği kurallarını belirler. Antibiyotiklerin, sentetik hormonların ve GDO'ların yasaklanmasına odaklanarak organik balık yetiştiriciliğini düzenler. Ayrıca, organik balık çiftliklerinin su biyoçeşitliliğini koruması ve yüksek su kalitesi standartlarını sürdürmesi gerektiğini bildirir.

Naturland

Özel bir sertifikasyon kuruluşu olan Naturland, küresel olarak en katı organik balık yetiştiriciliği standartlarından birini sunmaktadır. Sürdürülebilirliği, biyolojik çeşitliliği korumayı ve sosyal sorumluluğu vurgular. Ayrıca Naturland endüstriyel balıkçılıktan elde edilen balık ununun organik yemde kullanılmasını yasaklar (Amirkolaie, 2011; Bush ve ark., 2013; Fruscella ve ark., 2021).

Organik Balık Yetiştiriciliğinde Karşılaşılan Engeller

Çok sayıda faydasına rağmen, organik balık üretiminin çeşitli zorlukları da vardır. Temel sorunlardan biri, özellikle sürdürülebilir kaynaklardan elde edilen balık unu ve balık yağı olmak üzere sertifikalı organik yemlere ulaşmanın zorluğudur. Organik balığa olan talep arttıkça, aşırı avlanmaya katkıda bulunmadan yeterli organik yem bileşeni bulmak önemli bir sorun haline

gelmektedir. Organik sistemlerde, kimyasal veya antibiyotik kullanmadan hastalık salgınlarını durdurmak zor olabilir. Organik balık yetiştiricileri, önemli miktarda emek ve uzmanlık gerektiren proaktif yönetime büyük ölçüde güvenmek zorundadır. Ayrıca, organik balık yetiştiriciliği, organik yem ihtiyacı, daha düşük stok yoğunluğu ve yoğun emek gerektiren yönetim uygulamaları nedeniyle genellikle geleneksel balık yetiştiriciliğinden daha yüksek üretim maliyetlerine sahiptir. Bu, organik balık ürünleri için daha yüksek fiyatlara yol açabilir ve bu da pazar talebini sınırlayabilir. Sertifikasyon sürecini yönetmek üreticiler için karmaşık ve zaman alıcı olabilir, çünkü sıkı standartlara uymaları ve düzenli denetimlerden geçmeleri gerekir. Küçük ölçekli işletmeler sertifikasyon maliyetlerini pahalı bulabilirler (FAO, 2018; Glebova ve ark., 2019; Lembo ve Mente, 2019; Ahmed ve ark., 2020; Beg ve ark., 2024).

Organik Balık Yetiştiriciliğinin Faydaları

Sentetik kimyasallardan kaçınarak ve ekosistem sağlığına odaklanarak, organik balık yetiştiriciliği geleneksel yetiştiricilik yöntemlerine kıyasla çevresel ayak izini azaltır. Su kalitesinin korunmasına yardımcı olur, besin kirliliğini azaltır ve biyolojik çeşitliliği teşvik eder. Organik balık yetiştiriciliği uygulamaları balıkların sağlığına ve refahına öncelik verir, onlara daha iyi yaşam koşulları, daha fazla alan ve daha az stres faktörü sunar. Bu durum ise, daha sağlıklı balıklara, daha düşük hastalık oranlarına ve balık yetiştiriciliğine daha etik bir yaklaşıma yol açar. Organik balık yetiştiriciliği, tüketiciler için sentetik kimyasallardan, antibiyotiklerden veya GDO'lardan arınmış daha sağlıklı balıklar üretir. Tüketiciler, organik ürünlerin daha sağlıklı ve çevreye daha duyarlı olduğunu algırlar. Bu nedenle tüketicilerin organik balığa talebi giderek daha fazla artmaktadır. Organik balık yetiştiriciliği, üreticilere birinci sınıf pazarlara erişim ve daha yüksek kar marjları potansiyeli sunmaktadır (Gambelli ve ark., 2019; Gould ve ark., 2019; Defrancesco, 2003; Khanjani ve ark., 2022).

SONUÇ

Organik balık üretimi, geleneksel balık yetiştiriciliği ile kıyaslandığında, sürdürülebilir, çevre dostu ve etik açıdan sorumlu bir alternatif sunar. Ekolojik denge, hayvan refahı ve sürdürülebilir kaynak kullanımı ilkelerine bağlı kalarak, organik balık üreticileri çevreye olan etkileri en aza indirirken sağlıklı, yüksek kaliteli balıklar üretebilirler. Yüksek üretim maliyetleri, hastalık yönetimi ve organik yem bulunabilirliği gibi zorlukları olsa da, pazar fırsatları ve tüketici talebi de dahil olmak üzere organik balık yetiştiriciliğinin faydaları, onu gelecekte balık üretimine yönelik umut verici bir yaklaşım haline getirmektedir.

KAYNAKLAR

- Adámek, Z., Mössmer, M., & Hauber, M. (2019). Current principles and issues affecting organic carp (*Cyprinus carpio*) pond farming. *Aquaculture*, 512, 734261.
- Ahmed, N., Thompson, S., & Turchini, G. M. (2020). Organic aquaculture productivity, environmental sustainability, and food security: insights from organic agriculture. *Food Security*, 12(6), 1253-1267.
- Amirkolaie, A. K. (2011). Reduction in the environmental impact of waste discharged by fish farms through feed and feeding. *Reviews in Aquaculture*, 3(1), 19-26.
- Atoma, C. N., Adesope, O. M., & Familusi, L. C. (2019). Organic farming practices among livestock and fish farmers in Southern Nigeria. In *Multifunctionality and Impacts of Organic and Conventional Agriculture*. IntechOpen.
- Aubin, J., Callier, M., Rey-Valette, H., Mathe, S., Wilfart, A., Legendre, M., ... & Fontaine, P. (2019). Implementing ecological intensification in fish farming: definition and principles from contrasting experiences. *Reviews in Aquaculture*, 11(1), 149-167.
- Awuor, E. O., & Karugu, C. T. (2014). Assessment of establishment and management of organic fish farming in Kenya: A case study of Kiambu District. *European Journal of Business and Management*, 6(12), 194-205.
- Barbosa, P. T. L., Povh, J. A., Farias, K. N. N., da Silva, T. V., Teodoro, G. C., Ribeiro, J. S., ... & Corrêa Filho, R. A. C. (2022). Nile tilapia production in polyculture with freshwater shrimp using an aquaponic system and biofloc technology. *Aquaculture*, 551, 737916.
- Beg, M. M., Roy, S. M., Moulick, S., Mandal, B., Kim, T., & Mal, B. C. (2024). Economic feasibility study of organic and conventional fish farming systems of Indian major carps. *Scientific Reports*, 14(1), 7001.
- Beg, M. M., Roy, S. M., Ramesh, P., Moulick, S., Tiyyasha, T., Bhagat, S. K., & Abdelrahman, H. A. (2024). Organic Aquaculture Regulation, Production, and Marketing: Current Status, Issues, and Future Prospects-A Systematic Review. *Aquaculture Research*, 2024(1), 5521188.
- Bush, S. R., Belton, B., Hall, D., Vandergeest, P., Murray, F. J., Ponte, S., ... & Kusumawati, R. (2013). Certify sustainable aquaculture?. *Science*, 341(6150), 1067-1068.
- Defrancesco, E. (2003). The beginning of organic fish farming in Italy. Available at SSRN 458820.: <https://ssrn.com/abstract=458820> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.458820>

- Duman, S., & Şahan, A. (2018). Some hematological and non-specific immune responses of rosehip (*Rosa canina*)-Fed Russian Sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii* Brandt & Ratzeburg, 1833) to *Mycobacterium salmoniphilum*. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 61, e18180283.
- Duman, S. (2020). Determination of reference values of some hematological and immunological parameters in healthy Russian sturgeon (*Acipenser gueldenstaedtii*). *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 5(2), 212-217.
- Estévez, A., & Vasilaki, P. (2023). Organic production of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) using organic certified green pea protein and seaweed. Effects on growth, feed conversion and final product quality. *Aquaculture*, 571, 739490.
- FAO. (2018). *Aquaculture development. 8. Recommendations for prudent and responsible use of veterinary medicines in aquaculture*. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper. Rome.
- Fruscella, L., Kotzen, B., & Milliken, S. (2021). Organic aquaponics in the European Union: towards sustainable farming practices in the framework of the new EU regulation. *Reviews in Aquaculture*, 13(3), 1661-1682.
- Glebova, I. A., Larionova, A. A., Zaitseva, N. A., Grunina, A. A., Chvyakin, V. A., Takhumova, O. V., & Glagoleva, L. E. (2019). Organic Aquaculture as a Promising Direction for the Production of Organic Food. *Ekoloji Dergisi*, (107).
- Gould, D., Compagnoni, A., & Lembo, G. (2019). Organic aquaculture: Principles, standards and certification. *Organic aquaculture: Impacts and future developments*, 1-22.
- Gambelli, D., Naspetti, S., Zander, K., & Zanoli, R. (2019). Organic aquaculture: Economic, market and consumer aspects. *Organic Aquaculture: Impacts and Future Developments*, 41-63.
- Jasmine, S., Ahamed, F., Rahman, S. H., Jewel, M. A. S., & Hossain, M. Y. (2011). Effects of organic and inorganic fertilizers on the growth performance of carps in earthen ponds through polyculture system. *Our Nature*, 9(1), 16-20.
- Khanjani, M. H., Zahedi, S., & Mohammadi, A. (2022). Integrated multitrophic aquaculture (IMTA) as an environmentally friendly system for sustainable aquaculture: functionality, species, and application of biofloc technology (BFT). *Environmental Science and Pollution Research*, 29(45), 67513-67531.

- Lembo, G., & Mente, E. (2019). *Organic aquaculture*. Cham, Switzerland: Springer International Publishing.
- Martan, E. (2008). Polyculture of fishes in aquaponics and recirculating aquaculture. *Aquaponics Journal*, 48(1), 28-33.
- Mente, E., Karalazos, V., Karapanagiotidis, I. T., & Pita, C. (2011). Nutrition in organic aquaculture: an inquiry and a discourse. *Aquaculture Nutrition*, 17(4), e798-e817.
- Stefani, G., Scarpa, R., & Cavicchi, A. (2012). Exploring consumer's preferences for farmed sea bream. *Aquaculture International*, 20, 673-691.
- Şahan, A., & Cengizler, İ. (2002). Seyhan Nehri (Adana Kent İçi Bölgesi)'nde Yaşayan Benekli Siraz (*Capoeta barroisi* Lortet, 1894) ve Kızılğöz (*Rutilus rutilus* Linnaeus, 1758)'de Bazı Hematolojik Parametrelerin Belirlenmesi. *Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences*, 26(4), 849-858.
- Uddin, M. H., Shahjahan, M., Amin, A. R., Haque, M. M., Islam, M. A., & Azim, M. E. (2016). Impacts of organophosphate pesticide, sumithion on water quality and benthic invertebrates in aquaculture ponds. *Aquaculture Reports*, 3, 88-92.
- Xie, B., Qin, J., Yang, H., Wang, X., Wang, Y. H., & Li, T. Y. (2013). Organic aquaculture in China: A review from a global perspective. *Aquaculture*, 414, 243-253.

Bölüm 7

Kontrplağın Çivi Tutma Kapasitesi Üzerine Ağaç Türü ve Tabaka Düzenlemesinin Etkisi

Bekir Cihad BAL¹
Vedat ÇAVUŞ²
Nasır NARLIOĞLU³

¹ Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Malzeme Bölümü, Türkiye, bcbal@ksu.edu.tr ORCID: 0000-0001-7097-4132

² İzmir Katip Çelebi üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Türkiye, vedat.cavus@ikcu.edu.tr ORCID: 0000-0002-3289-7831

³ İzmir Katip Çelebi üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Türkiye, nasir.narlioglu@ikcu.edu.tr ORCID: 0000-0002-1295-6558

ÖZET

Kontrplak, günümüzde birçok farklı amaç için kullanılan ahşap esaslı kompozit malzemelerden birisidir. Dekorasyon işlerinde, mobilya üretiminde, ahşap yapılarda, taşıtlarda ve inşaatlarda beton kalıbı olarak kullanılmaktadır. Kontrplak üretiminde kullanılan odun türü, tutkal ve yüzey kaplama malzemeleri kontrplağın kullanım yerine göre değişmektedir. Kontrplak üretiminde kullanılan odun türü, odun yoğunluğu, lif yapısı ve odun kusurları üretilen kontrplağın kalitesi ve mekanik performansı üzerinde etkilidir. Kontrplağın kullanım yerinde montajı için ring çivi, düz tip ve helisel tip çivi, farklı tipte vidalar ve zimba teli gibi metal birleştirme elemanları kullanılmaktadır. Günümüzde kontrplağın montajında düz çiviler önemli miktarda kullanılmaktadır. Bu çalışmada, okaliptüs, kavak ve kayın ağacı ahşap kaplamaları ile üretilen 5 tabakalı kontrplak levhalarının çivi tutma kapasitesi araştırılmıştır. Çalışmada 6 farklı kombinasyonda kontrplak üretilmiş ve çivi tutma testlerinde 3x60 mm ölçülerinde düz tip çivi kullanılmıştır. Testler TS EN 13446 standartında belirtildiği şekilde yapılmıştır. Ayrıca, kontrplakların rutubet ve yoğunlukları da belirlenmiştir. Elde edilen verilere göre, kontrplakların yoğunluk değeri ile çivi tutma kapasitesi arasından doğrusal bir ilişki olduğu belirlenmiştir. En yüksek çivi tutma kapasitesi kayın kontrplakta ve en düşük ise kavak kontrplakta elde edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Kontrplak, çivi tutma kapasitesi, yoğunluk, rutubet

ABSTRACT

Nowadays, plywood is one of the wood-based composite materials used for many different purposes. It is used in the production of decoration works, furniture, wooden structures, vehicles and concrete formwork. The wood type, glue and surface coating materials used in the production of plywood vary according to the place of use of the plywood. The wood species, wood density, fiber structure and wood defects used in plywood production affect the quality and mechanical performance of the plywood produced. Metal fasteners such as ring nails, flat type and helical type nails, different types of screws and staples are used for the assembly of plywood at the place of use. Nowadays, flat nails are widely used in the assembly of plywood. In this study, the nail holding capacity of 5-layer plywood boards produced with veneers of eucalyptus, poplar and beech wood species was investigated. In the tests, plywood was produced in 6 different combinations. In the study, 3x60 mm flat type nails were used. The tests were carried out according to the standard TS EN 13446. Moisture and density of plywood sheets were also determined. According to the data obtained, it was determined that there was a linear relationship between the density value of the plywood and the nail holding capacity. The highest nail holding capacity was obtained in beech plywood and the lowest in poplar plywood.

Key words: Plywood, nail holding capacity, density, moisture

1.GİRİŞ

Ahşap bazlı bir panel olan kontrplak, yüksek yapısal mukavemeti, esnekliği, ses ve ısı yalıtım özellikleri nedeniyle popüler bir malzemedir. Kontrplak; taşımacılıktan (deniz, hava ve kara) bina inşaatına (duvarlar ve bölmeler, tavanlar, asansör boşluğu, kapı çekirdekleri, zemin kaplamaları için altlık vb.) çeşitli endüstrilerde kullanılan mühendislik ürünü bir ağaç malzemedir (Alao ve ark., 2024). Kontrplak, endüstriyel olarak üretilmeye başlandığı tarihten bugüne kadar farklı alanlarda kullanılan önemli bir ahşap malzemedir. Ahşap esaslı bir malzeme olarak kontrplağın; masif ağaç malzemeye göre boyutsal kararlılığının yüksek olması, homojen bir yapıda olması, geniş ölçülerde bulunabilmesi ve ahşap işleyen makinelerle ve basit el aletleri ile kolayca işlenmesi ve montaj yapılabilmesi gibi üstün özellikleri bulunmaktadır (Çolakoğlu, 1996; Bal 2011).

Ağaç malzemenin türü, tutkal türü, pres basıncı, kaplama kalınlığı, kaplama kurutma sıcaklığı, tabaka sayısı, gibi değişkenler kontrplağın mekanik ve fiziksel özelliklerini etkilemektedir (Özen 1981; Çolakoğlu, 1996; Çolak 2003; Bal 2013). Bugüne kadar yapılan çalışmalarda kontrplağın fiziksel ve mekanik özelliklerini etkileyen faktörleri araştıran birçok çalışma olduğu görülmüştür. Örneğin, Özen (1981) yapmış olduğu çalışmada, dolgu maddesi (buğday unu), orta tabaka kalınlığı (0,8, 2 ve 2,7 mm), ağaç türü (kayın ve kızılğaç), tutkal türü (fenol ve üre formaldehit), levha kalınlığı, tabaka sayısı (3, 5 ve 7) gibi faktörlerin kontrplağın eğilmede elastikiyet modülü, eğilme direnci ve çekme direnci (yapışma direnci) özellikleri üzerine etkisini incelemiştir. Çolak (2002), kontrplaklarda emprenye işlemlerinin formaldehit ve asetik asit emisyonu, denge rutubet miktarı, hava kurusu yoğunluk, elastikiyet modülü, eğilme direnci, yanma özellikleri ve çekme makaslama direnci üzerine etkilerini araştırmıştır. Güler ve Çolakoğlu (2001), tarafından yapılan bir araştırmada üretilen kızılçam kontrplaklarda yapışma direnci üzerine kaplamaların yüzey pürüzlülüğünün etkisini araştırılmıştır. Örs ve ark., (2001), kavak kontrplaklarının çekme-makaslama ve eğilme direnci ile eğilmede elastikiyet modülü üzerine bazı üretim faktörlerinin etkisini araştırmışlardır. Bekhta ve ark., (2009) tarafından yapılan çalışmada ise mekanik olarak sıkıştırılmış kaplamalardan üretilen kontrplağın bazı mekanik özellikleri araştırılmıştır. Bal ve ark., (2015), cam elyaf kumaşla güçlendirilmiş kavak kontrplak levhaların bazı mekanik ve fiziksel özelliklerini araştırmışlardır.

Yapılan bazı çalışmalarda ise kontrplağın metal bağlantı elemanlarını tutma kapasitesi araştırılmıştır. Örneğin; Hıdır ve ark., (2022) yaptıkları çalışmada, film kaplı kontrplağın eğilme, elastikiyet modülü, çivi tutma direnci üzerine rutubet içeriğinin etkisi araştırılmıştır. Bal ve ark., (2015) tarafından yapılan çalışmada, farklı ağaçların soyma kaplamaları ile üretilen 5 tabakalı homojen kontrplağın vida tutma kapasitesi araştırılmıştır. Bal ve ark., (2016) yaptıkları çalışmada ise farklı

ağaç türleri ile üretilen kontrplağın ring çivi ile yanal çıkma kapasitesi araştırılmıştır. Çalışmada elde edilen verilere göre; en yüksek yanal ring çivi tutma kapasitesi kayın kontrplakta elde edilirken en düşük değer kavak kontrplaklarda elde edilmiştir. Ancak, tüm gruplarda elde edilen sonuçların APA (Amerikan Kontrplak Derneği) tarafından önerilen sınır değerinin üzerinde olduğu rapor edilmiştir. Özellikle hızlı gelişen bir ağaç türü olmasına rağmen okaliptüs'ten elde edilen kontrplakların 2700 N'nin üzerinde bir dayanım göstermesi oldukça önemli olduğu rapor edilmiştir. Demirkır ve Çolakoğlu (2015) tarafından yapılan benzer bir çalışmada, kontrplağın çivi yanal çıkma testinde lif yönünün etkisi araştırılmıştır. Bal ve ark., (2017) yaptıkları çalışmada, kayın, kavak, okaliptüs, soyma kaplamaları ile hibrit kontrplağın vida ve ring çivi tutma kapasitesi araştırılmıştır. Demir ve ark., (2021), kontrplak kaplı perde duvarların yanal yük altındaki performansını araştırmışlar ve kontrplağın 2 farklı çaptaki çivinin bağlantı noktasındaki performansını incelemişlerdir.

İnşaat malzemesi olarak kullanılan kontrplak uygulamalarında vidalar giderek daha yaygın hale gelmiştir. Kontrplaktaki vida tutma kapasitesi, ağaç türü, yüzey sertliği, yoğunluk ve kesme mukavemeti gibi çeşitli faktörlerden etkilenir. Vida tutma kapasitesi üzerinde ağaç malzemenin yoğunluğunun etkisi oldukça fazladır. Yapılan bir çalışmada, meşe ağacı gibi yüksek yoğunluklu ağaç türlerinin en yüksek vida çekme direncini sergilediği, bunu fıstık çamı (*Pinus pinea*), karaçam (*Pinus thunbergia*) ve göknarın (*Abies*) izlediği belirtilmiştir (Aytekin, 2008). Ağaç malzemenin vida tutma kapasitesi ile özgül ağırlığı arasında pozitif yönde doğrusal bir ilişki olduğu bildirilmiştir (Suhaily ve ark., 2019). Biyolojik bozunma yoluyla ahşap yoğunluğu azaldıkça vida tutma kapasitesinin de azaldığı bildirilmiştir (Oh ve ark., 2021).

Yukarıda verilen önceki çalışmalar incelendiğinde, kontrplağın fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine birçok çalışma yapıldığı, bu çalışmalarda genel olarak kontrplağın fiziksel ve mekanik özellikleri üzerine bazı faktörlerin etkilerinin araştırıldığı görülebilir. Ayrıca, bazı çalışmalarda ise kontrplağın metal bağlantı elemanlarını tutma kapasitesi de araştırılmıştır. Ancak, ulaşabildiğimiz kadarıyla farklı ağaç türlerinden elde edilen ahşap malzemeler kullanılarak üretilen kontrplağın düz çivi tutma kapasitesi üzerine yeterli çalışma yapılmadığı görülmüştür. Bu çalışma, farklı ağaç türlerinden elde edilen ahşap malzemeler kullanılarak üretilen kontrplağın çivi tutma kapasitesi üzerine ağaç türü ve tabaka düzenlemesinin etkisinin araştırılması amacıyla yapılmıştır.

2. Materyal ve metot

2.1 Materyal

Kontrplakların üretilmesinde, kavak (*Populus x euramericana* I-214), okaliptüs (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden), ve kayın (*Fagus orientalis* L.) soyma kaplamalar kullanılmıştır. Tutkal olarak üre-formaldehit (ÜF) tutkalı tercih edilmiştir. Kullanılan ÜF tutkalı piyasadan temin edilmiştir. Tutkal, 200 g/m² kaplamalarının bir yüzüne uygulanmıştır. Üre-formaldehit (ÜF) tutkalına sertleştirici olarak amonyum sülfat katılmıştır. 100 birim tutkal içerisine 10 birim sertleştirici (% 15'lik) 30 birim un, olacak şekilde katılım oranları ayarlanmıştır. Kontrplaklar laboratuvar tipi hidrolik preste, 14 mm kalınlıkta ve 5 tabakalı olarak üretilmiştir. Üretimleri yapılan kontrplakların tabaka düzenlemesi Tablo 1'de gösterildiği şekilde üretilmiştir.

Tablo 1. Denemelerde kullanılan kontrplakların tabaka düzenlemesi

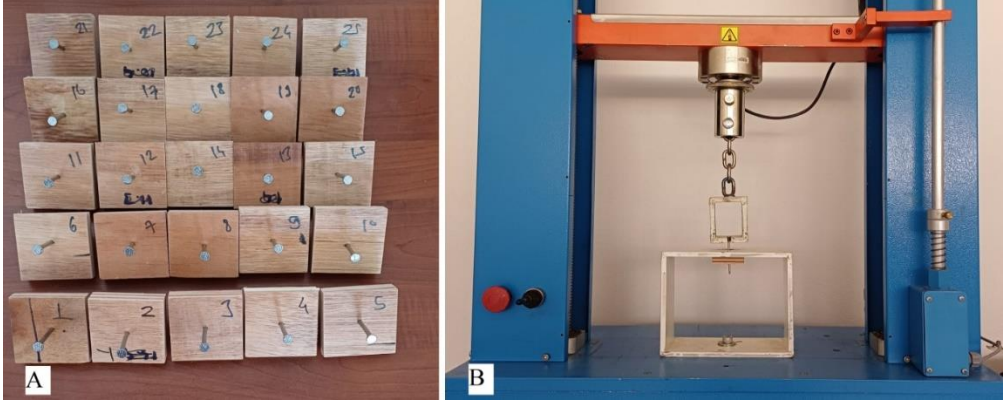
Tabaka sırası	G -1	G - 2	G - 3	G - 4	G - 5	G - 6
1	Okaliptüs	Kayın	Kavak	Kayın	Kayın	Okaliptüs
2	Okaliptüs	Kayın	Kavak	Okaliptüs	Kavak	Kavak
3	Okaliptüs	Kayın	Kavak	Okaliptüs	Kavak	Kavak
4	Okaliptüs	Kayın	Kavak	Okaliptüs	Kavak	Kavak
5	Okaliptüs	Kayın	Kavak	Kayın	Kayın	Okaliptüs

2.2 Metot

Kontrplaklarda rutubet miktarı, hava kurusu yoğunluk ve çivi tutma kapasitesi testleri sırasıyla TS EN 322, TS EN 323 ve TS EN 13446 standartlarına göre yapılmıştır. Çivi tutma direnci testi 14x50x50 mm (kalınlık x genişlik x uzunluk) ölçülerindeki kontrplak test örnekleri üzerinde yapılmıştır. Her grup için 25 adet test örneği hazırlanmıştır. Çiviler test örneklerinin tam ortasına çekiç ile çakılmıştır. Çiviler test örneğinden 10 mm çıkacak şekilde üst yüzeye çakılmıştır (Şekil 1-A). Kullanılan çiviler 3x60 mm ölçülerinde düz inşaat çivisidir. Çivi tutma direnci testleri, 10 kN kapasiteli, elektromekanik prensiple çalışan bir universal test makinesinde (UTM) yapılmıştır (Şekil 1-B). Test esnasında; ön yük miktarı 10 N, test hızı 5 mm/dk, test sonu Fmax değerinin %90'ı olarak ayarlanmıştır. Denemeler sonunda ölçülen Fmax kuvveti kaydedilmiş ve aşağıdaki formül (1) yardımı ile çivi tutma direnci (f) N/mm² olarak hesaplanmıştır.

$$f = (F_{max}) / (d * l_p) \quad (1)$$

Burada; f çivi tutma direncini (N/mm^2) , F_{max} test sonunda okunan maksimum yükü (N), d çivi çapını, l_p ise malzemeye batan çivi boyu miktarını göstermektedir.



Şekil 1. Grup 1 test örneklerinin test öncesi görüntüsü (A) ve test esnasındaki görüntüsü (B)

3. Bulgular ve Tartışma

Denemeler sonunda elde edilen grupların yoğunluk değerleri Tablo 2’de verilmiştir. Bu veriler incelendiğinde, en yüksek yoğunluk değerinin G 2’de (kayın kontrplak) ve en düşük yoğunluk değerinin ise G 3’te (kavak kontrplak) elde edildiği görülebilir. Grupların yoğunluk değerleri 457 kg/m^3 ile 678 kg/m^3 aralığında sıralanmıştır. Tablo 2’de verilen cov değerlerine göre, her grup içerisinde yoğunlukları ölçülen 25 test örneğinin oldukça homojen bir küme oluşturduğu görülebilir.

Tablo 2. Grupların hava kurusu yoğunluk değerleri (kg/m^3) ve Duncan testi sonuçları

İ.D.	G -1	G - 2	G - 3	G - 4	G - 5	G - 6
x	617 D	678 F	457 A*	647 E	537 C	511 B
ss	33.5	15.3	17.7	34.7	24.4	23.1
cov	5.4	2.3	3.9	5.4	4.5	4.5

*En küçük değeri göstermektedir, X: aritmetik ortalama, ss: standart sapma, cov: varyasyon katsayısı, İ.D.: istatistik değerler

Gruplar arasındaki farklar istatistiksel olarak ileri düzeyde önemlidir ($p<0.001$). Bu durum Tablo 3’de verilen One-Way ANOVA testi sonuçlarında gösterilmiştir.

Tablo 3. Yoğunluk gruplarına ait ANOVA testi sonuçları

	Kareler toplamı	SD	Ortalama kareler	F	Sig.
Gruplar arası	927142.933	5	185428.587	278.318	0.000
Gruplar içi	95939.760	144	666.248		
Toplam	1023082.69	149			

Denemelerde kullanılan test örneklerinin rutubetleri hesaplanmış ve Tablo 4’te gösterilmiştir. Ayrıca, Duncan testi sonuçları da aynı tabloda gösterilmiştir. Tablo 4 incelendiğinde, en yüksek rutubet değeri G 1’de %10,73 olarak tespit edilmiştir. En küçük rutubet değeri ise G 6’da %10,06 olarak tespit edilmiştir. Bu rutubet değerleri, oda şartlarında iklimlendirme yapılması sonucu elde edilen değerlerdir.

Tablo 4. Grupların rutubet değerleri (%) ve Duncan testi sonuçları

İ.D.	G - 1	G - 2	G - 3	G - 4	G - 5	G - 6
x	10.73 C	10.47 B	10.22 A	10.48 B	10.17 A	10.06 A
ss	0.34	0.40	0.29	0.27	0.26	0.23
cov	3.18	3.80	2.85	2.61	2.53	2.26

Gruplar arasında rutubet değerleri bakımından istatistiksel olarak önemli farklar tespit edilmiştir ($P<0.001$). Ancak, bu farklar Tablo 5’te verilen Duncan testi sonuçlarından anlaşılabileceği gibi her grup diğerlerinden farklı değildir. G 3, G 5 ve G 6 arasında fark yoktur. G 2 ile G 4 arasında da fark yoktur. Bu nedenle, rutubetin bu çalışmada çivi tutma kapasitesi üzerine önemli bir etkisinin olmadığı söylenebilir.

Tablo 5. Rutubet gruplarına ait ANOVA testi sonuçları

	Kareler toplamı	SD	Ortalama kareler	F	Sig.
Gruplar arası	7.865	5	1.573	17.088	0.000
Gruplar içi	13.256	144	.092		
Toplam	21.122	149			

Kontrplak yoğunluğu üzerindeki birincil etken üretiminde kullanılan ağaç malzemenin türüdür. Literatürde kavak (*Populus x euramericana*) odununun tam kuru yoğunluğu, 0.305 g/cm³, hava kurusu yoğunluğu, 0.332 g/cm³ (Tunçtaner ve ark., 2004); kayın (*Fagus orientalis* L.) odununun yoğunluğu; diri odunda, 0.61 gr/cm³ ve öz odunda, 0.62 gr/cm³ (Bal ve Bektaş, 2018); okaliptüs (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden) odununun hava kurusu yoğunluğu, 0.528 g/cm³, tam kuru yoğunluğu, 0.515 g/cm³ olarak (Bektaş ve ark., 2008) belirtilmiştir. Kontrplak üretiminde kullanılan kaplamanın kalınlığı, kaplama kurutma sıcaklığı, üretimde kullanılan yapıştırıcının türü ve miktarı, yapıştırıcıya katılan katkı ve dolgu maddelerinin türü ve miktarı, levha haline getirilirken uygulanan basınç miktarı ve süresi kontrplakların yoğunluğunu etkileyen önemli bazı faktörlerdir (Özen, 1981; Aydın, 2004; Kurt ve Çil, 2012). Bunun yanı sıra ağaç malzemenin yoğunluğunu etkileyen ağaç türü ve yoğunluğu, ekstraktif içerikler, rutubet miktarı, anatomik yapısı, lif morfolojisi, genç odun yüzdesi, ağaç malzemenin kimyasal yapısı, lif uzunluğu, mikrofibrillerin oryantasyonu gibi birçok faktör ağaç malzeme ve ağaç malzemeden yapılmış kompozitlerin mekanik özelliklerini önemli ölçüde etkiler. Mekanik özellikler, hücre duvarı kalınlığı ile doğrudan ilişkili olan ahşap yoğunluğundan önemli ölçüde etkilenir (Kollmann ve Cote, 1968; Bozkurt ve Göker, 1996; Bozkurt ve Erdin, 1997; Çolak ve ark., 2003; Kojima ve ark., 2009; Githiomi ve Kariuki, 2010; Bal, 2011, Kurt ve Çil, 2012; Bal vd., 2012). Bu çalışmada yapılan test ve deney sonuçlarından elde edilen verilerin literatür ile uyumlu olduğu görülmüştür. Daha önce yapılan bir çalışmada, çam ve huş kaplamalarından üretilen kontrplakların yoğunlukları arasındaki farklılıklar tespit edilmiştir. Yoğunluklarda meydana gelen farklılıkların kontrplakların üretildiği malzeme yoğunlukları arasındaki farktan kaynaklandığı belirtilmiştir (Bal, 2016). Önceki çalışmalarda birçok araştırmacı, kontrplak yoğunluğunun kontrplak üretiminde kullanılan ahşabın yoğunluğundan daha fazla olduğunu bildirmişlerdir (Bal ve Bektaş, 2014; Çolak vd., 2003; Örs vd., 2002; Özen, 1981). Yapılan başka bir çalışmada ise kontrplak rutubet miktarının vida tutma kapasitesi üzerine etkisi araştırılmıştır. Üretilen kontrplakların rutubet miktarı arttıkça vida tutma kapasitesinin azaldığı belirtilmiştir (Ferah, 1995; Wu, 1999).

Tablo 6'da test gruplarının çivi tutma kapasitesi değerleri ve Duncan testi sonuçları verilmiştir. Tablodaki değerler incelendiğinde, en yüksek çivi tutma değeri G 2'de (kayın kontrplakta) 11.18 N/mm² ve en düşük çivi tutma değeri ise G 3'te (kavak kontrplakta) 4.57 N/mm² olarak belirlenmiştir. Diğer gruplara ait değerler ise bu iki değer arasında sıralanmıştır. Ayrıca, gruplar arasındaki farklar istatistiksel olarak anlamlıdır (P<0.001). Tablo 6'da verilen Duncan testi sonuçlarına göre G 1 ile G 4 arasında ve G 5 ile G 6 arasında istatistiksel olarak belirgin bir fark tespit edilememiştir. Bu grupların yoğunluk değerleri de birbirlerine yakındır. Dolayısıyla, Tablo 2'de verilen yoğunluk değerleri ile Tablo 6'da verilen çivi tutma kapasiteleri arasında bir ilişki olduğu söylenebilir.

Tablo 6. Grupların çivi tutma kapasitesi değerleri (N/mm²) ve Duncan testi sonuçları

	G - 1	G - 2	G - 3	G - 4	G - 5	G - 6
x	9.89C	11.18D	4.57A	10.02C	6.35B	5.79B
ss	1.42	1.49	1.02	2.04	1.37	1.04
cov	14.32	13.30	22.27	20.33	21.50	17.98

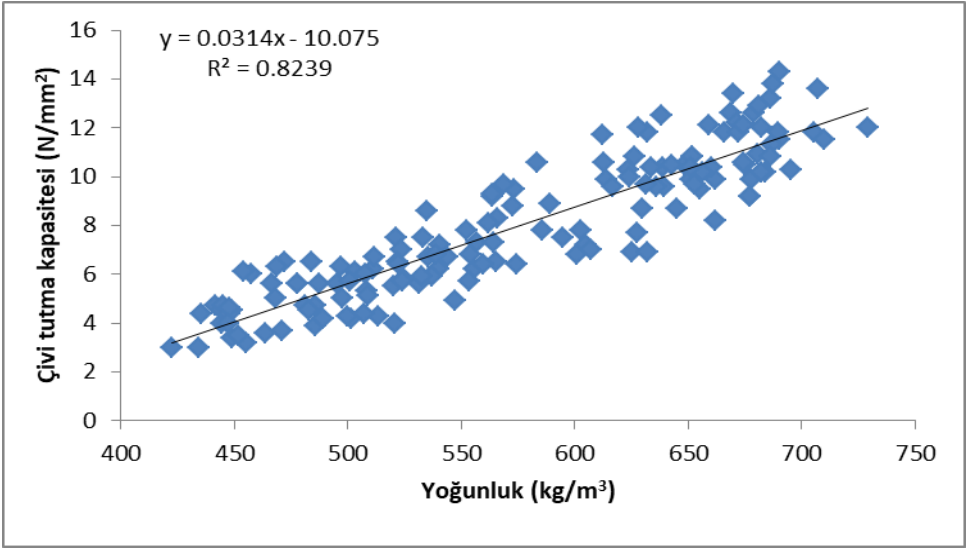
Deney gruplarının çivi tutma kapasitelerine ait ANOVA testi sonuçları Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Çivi tutma kapasitesine ait ANOVA testi sonuçları

	Kareler toplamı	SD	Ortalama kareler	F	Sig.
Gruplar arası	928.683	5	185.737	90.193	.000
Gruplar içi	296.543	144	2.059		
Toplam	1225.226	149			

Yoğunluk değeri yüksek olan test örneklerinin çivi tutma kapasitesinin de yüksek olduğu belirlenmiştir. Bu iki değişken arasında çok güçlü (R^2 0.82) ve doğrusal bir ilişki olduğu belirlenmiştir. Bu durum, tüm test örneklerinin yoğunluğu ile çivi tutma kapasitesi arasındaki ilişkiyi gösteren Şekil 2’de verilen grafikte gösterilmiştir. Daha önce yapılan bazı araştırmalarda da benzer ilişki rapor edilmiştir.

Deney ve test sonuçlarından elde edilen veriler, bu çalışmanın önceki çalışmalarla uyum içerisinde olduğunu göstermiştir. Kontrplağın yoğunluğunun onu oluşturan ahşap malzemenin yoğunluğundan fazla oluşu, tutkal ve basınç gibi üretim faktörlerine bağlanmış, ayrıca, kontrplağın çivi tutma kapasitesinin ağaç türlerinden etkilendiği ve ağaç malzemenin yoğunluğu ile çivi tutma kapasitesi arasında doğrusal bir ilişki olduğu bildirilmiştir (Winistorfer ve Soltis, 1994; Stieda 1990; Wu, 1999). Benzer şekilde, yoğunluğu yüksek olan ağaç türlerinden üretilen lamine malzemeler, yüksek çivi veya vida tutma direncine sahiptirler (Erdil ve ark., 2002). Levha yoğunluğu, çivi tutma kapasitesi üzerinde önemli etkiye sahiptir ve yoğunluk arttıkça çivi tutma kapasitesi de artmaktadır (Cai ve ark., 2004; Vassiliou ve Barboutis 2005; Wang ve ark., 2007).



Şekil 2. Kontrplağın yoğunluğu ile çivi tutma kapasitesi arasındaki ilişki

4. Sonuç ve Öneriler

Bu çalışmada, kontrplağın çivi tutma kapasitesi üzerine ağaç türü ve tabaka düzenlemesinin etkisi araştırılmıştır. Elde edilen verilere göre; en yüksek yoğunluk ve çivi tutma kapasitesi kayın kontrplakta tespit edilmiştir. Dış tabakaları kayın, iç tabakaları kavak olan G 5 ile dış tabakaları okaliptüs ve iç tabakaları kavak olan G 6 arasında herhangi bir fark görülmemiştir. Ağaç türü ve yoğunluğuna bağlı olarak çivi tutma kapasitesinin değiştiği, yoğunluğun çivi tutma kapasitesi üzerine etkisinin önemli olduğu tespit edilmiştir. Deney sonuçlarına göre, çivili birleştirme ile yapılacak mobilya ve yapısal bağlantılarda ağaç malzeme türü ve yoğunluğuna dikkat ederek, yüksek direnç isteyen yerlerde yüksek yoğunluklu ağaç türlerinden yapılan kontrplaklar tercih edilmesi maksimum hizmet ömrü sağlayacaktır.

5. Kaynaklar

- Alao, P.F., Dembovski, Kh, Rohumaa, A., Ruponen, J., Kers, J. 2024. The effect of birch (*Betula Pendula* Roth) face veneer thickness on the reaction to fire properties of fire-retardant treated plywood. *Construction and Building Materials*, 426, 136242, doi:10. 1016/j.conbuildmat.2024.
- Aydın, İ. 2004. Activation of wood surfaces for glue bonds by mechanical pretreatment and its effects on some properties of veneer surfaces and plywood panels, *Applied Surface Science*, 233: 268–274
- Aytekin, A. 2008. Determination of Screw and Nail Withdrawal Resistance of Some Important Wood Species. *Int. J. Mol. Sci.*, 9, 626–637.
- Bal, B. C., Bektaş, İ. 2013. Okaliptüs, kayın ve kavak kaplamalarından üretilen kontrplakların eğilme özellikleri. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 13(2), 175-181.
- Bal, B. C., Bektaş, İ., Mengeloğlu, F., Karakuş, K., Demir, H. Ö. 2015. Some technological properties of poplar plywood panels reinforced with glass fiber fabric. *Construction and Building Materials*, 101(1), 952-957.
- Bal, BC, Gündeş Z, Akçakaya E, 2015, Kayın, kavak ve okaliptüs soyma kaplamaları ile üretilen kontrplakların vida tutma direnci, *KSÜ Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 18 (2): 77-83.
- Bal BC, Akçakaya E, Gündeş E, 2016, Farklı ağaç türlerinden üretilmiş kontrplakların yanal çivi dayanımı üzerine bir araştırma, *Düzce Üniversitesi, Ormancılık dergisi*, 12 (1): 145-153.
- Bal, B., Orhan, H., Bostan, T. 2017. Screw and Nail-Holding Capacities of Combi Plywood Produced From Eucalyptus, Beech and Poplar Veneer. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 20(2), 68-73.
- Bal, B. C., Bektaş İ. 2018, Kayın ve kavak odunlarında bazı fiziksel özelliklerle yoğunluk ilişkisinin belirlenmesi, *Mobilya ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi*, 1(1), 1-10.
- Bekhta, P., Hiziroglu, S., Shepelyuk, O. 2009. Properties of plywood manufactured from compressed veneer as building material. *Materials & Design*, 30(4), 947-953.
- Bektaş, İ., Tutuş, A., Ayata, Ü., 2008. *Eucalyptus grandis* ve *Eucalyptus camaldulensis* Odunlarının Bazı Fiziksel Özelliklerinin Belirlenmesi ve Başlıca Kullanım Alanları. I. Ulusal Okaliptüs Sempozyumu, 15-17 Nisan 2008, Tarsus.
- Cai, Z., Wu, Q., Lee, J. N., and Hiziroglu, S. 2004. Influence of board density, mat construction, and chip type on performance of particleboard made from eastern redcedar,” *Forest Products Journal* 54(12), 226.

- Çolak, S., 2002. Kontrplaklarda Emprenye İşlemlerinin Formaldehit ve Asit Emisyonu İle Teknolojik Özelliklere Etkileri, Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.
- Çolakoğlu G., 1996. Tabakalı Ağaç Malzeme Teknolojisi Ders Notları, Yayınlanmamış, KTÜ, Orman Fakültesi, Trabzon.
- Çolak S., Aydın İ., Çolakoğlu G., 2003. Okaliptüs ağacının farklı yüksekliklerinden alınan tomruklardan üretilmiş kontrplakların bazı mekanik özellikleri, DOA dergisi, Sayı:9, 2003, Tarsus
- Demir, A., Birinci, A. U. ve Öztürk, H. 2021. Yerli Ağaç Türlerinden Üretilen Kontrplak Kaplı Perde Duvarların Yanal Yük Altındaki Performansı. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 23(2), 528-535. <https://doi.org/10.24011/barofd.912809>
- Demirkir C, Colakoglu G. 2015. The effect of grain direction on lateral nail strength and thermal conductivity of structural plywood panels. Maderas. Ciencia y tecnología, 17(3), 469–478.
- Erdil Y. Z. Zhang J. and Eckelman C. A., 2002. Holding strength of screws in plywood and oriented strandboard, Forest Products Journal, 52, 6, 55–62.
- Ferah, O. 1995. Bazı önemli ağaç türlerimizden vida ve çivi tutma direnç özelliklerinin belirlenmesi, Ormancılık araştırma enstitüsü yayınları, Teknik bülten No:252.
- Güler, C., Çolakoğlu, G., 2001. Farklı koşullarda üretilen kızılçam kontrplaklarda çekme-makaslama direnci üzerine kaplama levhaların yüzey pürüzlülüğünün etkisi, KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi, 4 (1): 92-98.
- Hıdır, A., Bal, B. C., Avşaroğlu, E. 2022. Film kaplı kontrplağın bazı mekanik özellikleri üzerine rutubet içeriğinin etkisi. Mobilya Ve Ahşap Malzeme Araştırmaları Dergisi, 5(2), 102-109. <https://doi.org/10.33725/mamad.1186623>
- Kurt, R.,Çil, M. 2012. Effects of press pressure on glue line thickness and properties of laminated veneer lumber glued with melamine urea formaldehyde adhesive. BioResources, 7(3): 4341-4349
- Oh, S.C. Residual Strength Estimation of Decayed Wood by Insect Damage through In Situ Screw Withdrawal Strength and Compression Parallel to the Grain Related to Density. *J. Korean Wood Sci. Technol.* 2021, 49, 541–549
- Örs, Y., Çolakoğlu, G., Çolak S., 2001. Kavak (*Populus x Euraeana*) I 45/51) kontrplaklarının çekme-makaslama ve eğilme direnci ile eğilmede elastiklik modülü üzerine bazı üretim faktörlerinin etkisi, Politeknik Dergisi, 4 (4): 25-32.

- Özen R.1981.Çeşitli Faktörlerin Kontrplağın Fiziksel ve Mekanik Özelliklerine Yaptığı Etkilere İlişkin Araştırmalar, KTÜ, Orman Fakültesi Yayınları, Fakülte yayın No:120, S:168. Trabzon.
- Stieda C.K.A., 1990. The Lateral Resistance of Nailed Plywood to Wood Connections, Project No: 54-43D-216, Forestry Canada No: 26B.
- Suhaily, S.S.; Gopakumar, D.A.; Aprilia, N.A.S.; Rizal, S.; Paridah, M.T.; Khalil, H.P.S.A. 2019. Evaluation of Screw Pulling and Flexural Strength of Bamboo-Based Oil Palm Trunk Veneer Hybrid Biocomposites Intended for Furniture Applications. *Bioresources*, 14, 8376–8390.
- Vassiliou, V., ve Barboutis, I. 2005. Screw withdrawal capacity used in the eccentric joints of cabinet furniture connectors in particleboard and MDF, *Journal of Wood Science* 51(6), 572-576. DOI: 10.1007/s10086-005-0708-9
- Tunçtaner, K., As, N., Özden, Ö. 2004. Bazı Kavak Klonlarının Büyüme Performansları, Odunlarının Bazı Teknolojik Özellikleri Ve Kağıt Üretimine Uygunlukları Üzerine Araştırmalar. Çevre ve Orman Bakanlığı Yayın No: 212 ISSN:1300-395X Müdürlük Yayın No:239 Teknik Bülten No: 196, s.29
- Wang, X., Salenikovich, A., and Mohammad, M. 2007. Localized density effects on fastener holding capacities in wood-based panels,” *Forest Products Journal* 57(1/2), 103-109
- Winistorfer S.G. and Soltis L.A., 1994. Lateral and Withdrawal Strength of Nail Connections for Manufacturing Housing. *J. Struct. Eng.-ASCE*, 120, 12, 3577-3594.Wu Q., 1999. Screw-Holding Capacity of Two Furniture-Grade Plywoods, Composites and Manufactured Products. *Forest Prod. J.*, 49, 4.

Bölüm 8

Yabancı Otların Yem Bitkileri Üzerindeki Etkileri: Rekabet, Besin Değerleri ve Yönetim Stratejileri

Kübra KALE¹

Hasan KALE²

Doğan IŞIK³

¹ Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Kayseri (Doktor)

<https://orcid.org/0000-0003-4137-8782>

² Yozgat Bozok Üniversitesi Boğazlıyan Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Yozgat(Öğretim Görevlisi) <https://orcid.org/0000-0003-4736-1498>

³ Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Kayseri (Profesör Doktor)

<https://orcid.org/0000-0002-0554-2912>

1. Giriş

Yem bitkileri, hayvancılık için temel besin kaynaklarıdır ve besleme kaliteleri sebebiyle hayvan verimliliği üzerinde doğrudan etkilidir. Ancak, yabancı otlar yem bitkileriyle rekabet ederek verimliliklerini ve besin değerlerini olumsuz yönde etkileyebilirler (Altop, 2018; İnanç, 2020).

Yem bitkileri, özellikle hayvancılık sektöründe besin kaynağı olarak önemli bir yer tutar ve hayvanların protein, karbonhidrat, lif gibi temel besin maddelerini sağlamada kritik bir rol oynar (Çetin & Öztürk, 2021). Ancak, yem bitkilerinin yetiştirildiği tarımsal alanlarda yabancı ot istilası, hem bu bitkilerin verimini düşürmekte hem de besin değerlerini olumsuz etkileyerek hayvan besleme verimliliğini azaltmaktadır (Kara & Bilgin, 2019). Bu durum yalnızca tarımsal üretimi değil, aynı zamanda gıda güvenliğini de tehdit etmektedir (Altop, 2018).

Yabancı otların yem bitkileri ile su, besin maddeleri ve ışık gibi kaynaklar için rekabete girmesi, yem bitkilerinin büyümesini ve kalitesini ciddi şekilde sınırlamaktadır (Yılmaz & Aslan, 2021). Bu rekabet ortamı, özellikle *Chenopodium album* ve *Amaranthus* spp. gibi agresif yabancı ot türlerinin yaygın olduğu alanlarda daha belirgin hale gelmekte, yem bitkilerinin fotosentez hızını ve biyokimyasal özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir (Demir & Kaya, 2022). Öte yandan, bazı yabancı otların allelopatik etkilerle yem bitkilerinin gelişimini baskıladığı da gösterilmiştir; örneğin, yabancı otların kimyasal salgıları, bitki kök ve gövde gelişimini sınırlandırarak verim kayıplarına neden olabilmektedir (Tanrıverdi & Çalışkan, 2017).

Bu olumsuz etkilerin yanı sıra, yabancı otların yem bitkilerinin besin değerleri üzerindeki etkileri de endişe vericidir. Özellikle protein ve lif gibi besin değerlerinde %20-30'a varan düşüşler, yem bitkilerinin besin kaynağı olarak kullanımını kısıtlamakta ve hayvan verimliliğini azaltmaktadır (Kara & Bilgin, 2019; Çetin & Öztürk, 2021). Bu nedenle, yem bitkilerinde yabancı ot kontrolü, hem bitki verimliliğini ve kalitesini artırmak hem de sürdürülebilir bir tarım sistemi oluşturmak için kritik bir öneme sahiptir (İnanç, 2020).

Yabancı Otların Tehdidi: Yem bitkileri yetiştirilen alanlarda yabancı otların kontrol edilmesi önemlidir, çünkü bu otlar su, besin ve ışık gibi kaynaklar için yem bitkileriyle rekabet eder (Karaman, 2019).

Yabancı otlar, yem bitkileri üzerinde ciddi tehditler oluşturarak tarımsal üretkenliği ve sürdürülebilirliği olumsuz etkilemektedir. Bu bitkiler, besin kaynakları, su ve ışık gibi temel tarımsal girdiler için rekabet ederek yem bitkilerinin büyümesini engeller ve sonuç olarak verim kaybına yol açar (Yılmaz & Aslan, 2021). Örneğin, geniş yapraklı yabancı ot türleri, özellikle erken dönemde yem bitkileri ile kıyaslandığında daha hızlı büyüme göstererek rekabet avantajı elde eder (Çetin & Öztürk, 2021). Bu durum, yem bitkilerinin gelişimini ve dolayısıyla

hayvancılıkta kullanılacak yem kalitesini önemli ölçüde düşürmektedir (Kara & Bilgin, 2019).

Yabancı otların tehditkar doğası, sadece rekabetle sınırlı kalmayıp, aynı zamanda çeşitli hastalıkları ve zararlıları da yaymalarına neden olmaktadır. Bu durum, yem bitkilerinin sağlığını tehdit eden bir faktör olarak öne çıkmaktadır (İnanç, 2020). Yabancı otlar, hastalık etmenleri için bir konak görevi görerek, bu etmenlerin yem bitkilerine geçişini kolaylaştırır ve sonuç olarak verim kayıplarını artırır (Sarı & Doğan, 2019). Bu nedenle, yabancı otların etkili bir şekilde yönetilmesi, sadece yem bitkilerinin verimliliği için değil, aynı zamanda genel tarımsal sağlığı korumak açısından da büyük bir önem taşımaktadır.

Ayrıca, yabancı otların besin değerleri üzerindeki olumsuz etkileri, özellikle yüksek protein içeriğine sahip yem bitkilerinin kalitesini tehdit etmektedir (Altop, 2018). Yabancı otların oluşturduğu baskı, yem bitkilerinin besin maddesi içeriklerinde %20-30'a varan düşüşlere neden olabilmektedir (Demir & Kaya, 2022). Bu durum, hayvan beslemede verimliliği düşürmekte ve dolayısıyla gıda üretimini tehdit etmektedir. Bu nedenle, yabancı otların tarım üzerindeki tehditlerini anlamak ve etkili yönetim stratejileri geliştirmek, sürdürülebilir tarım uygulamaları için elzemdir.

2. Yem Bitkilerinde Yabancı Ot Rekabetinin Mekanizmaları

Su ve Besin Rekabeti: Yabancı otların su ve besin maddeleri için rekabete girmesi, yem bitkilerinin büyümesini ve gelişimini sınırlayabilir (Yılmaz & Aslan, 2021). Örneğin, *Chenopodium album* gibi hızlı büyüyen yabancı otlar, özellikle suyun kıt olduğu alanlarda ciddi bir sorun yaratır.

Yem bitkileri ile yabancı otlar arasındaki rekabet, su ve besin maddeleri açısından yoğun bir mücadeleye yol açmaktadır. Bu rekabet, yem bitkilerinin gelişimini doğrudan etkileyerek, tarımsal verimlilik üzerinde olumsuz sonuçlar doğurmaktadır (Yılmaz & Aslan, 2021). Yabancı otlar, özellikle su ve besin maddeleri için daha agresif bir rekabet stratejisi sergileyerek, yem bitkilerinin kök gelişimini ve su alımını kısıtlayabilirler (Çetin & Öztürk, 2021). Özellikle kuraklık koşullarında, yabancı otlar, su kaynaklarına erişimlerini artırmak için kök sistemlerini derinleştirerek, yem bitkilerinin su alımını azaltmaktadır (Demir & Kaya, 2022).

Besin maddeleri açısından da yabancı otlar, yem bitkileri ile yoğun bir rekabet içerisine girmektedir. Özellikle azot, fosfor ve potasyum gibi temel besin elementleri için yapılan bu rekabet, yem bitkilerinin büyüme ve gelişim hızını olumsuz yönde etkileyebilir (Kara & Bilgin, 2019). Yapılan araştırmalar, bazı geniş yapraklı yabancı ot türlerinin, azot gibi besin maddelerini daha verimli bir şekilde kullanarak, yem bitkilerinin besin alımını sınırladığını göstermektedir (Altop, 2018). Bunun

sonucunda, yem bitkilerinin protein içeriği ve genel besin değeri düşerken, hayvanların beslenme verimliliği de olumsuz etkilenmektedir (İnanç, 2020).

Su ve besin maddeleri için rekabet, özellikle bitkilerin büyüme dönemlerinde daha belirgin hale gelmekte ve bu dönemlerde yapılan herbisit uygulamalarının etkinliğini azaltmaktadır. Yabancı otların gelişim aşamalarına göre farklı besin ihtiyaçları ve su tüketim alışkanlıkları, bu rekabetin dinamiklerini de değiştirmektedir (Sarı & Doğan, 2019). Bu nedenle, yem bitkileri üretiminde yabancı otların su ve besin maddeleri üzerindeki rekabetinin iyi anlaşılması, etkili yönetim stratejilerinin geliştirilmesine yardımcı olabilir.

Işık Rekabeti: Yabancı otların yem bitkilerinin gelişimi için gereken ışığı engelleyerek fotosentezi sınırlandırması, verimlilik üzerinde negatif etkilere yol açabilir (Demir & Kaya, 2022).

Yem bitkileri ile yabancı otlar arasındaki rekabetin önemli bir boyutunu ışık rekabeti oluşturmaktadır. Yabancı otlar, yem bitkilerine göre daha hızlı büyüme ve gelişme yetenekleri ile öne çıkmakta ve bu da onlara ışık kaynaklarını daha etkin bir şekilde kullanma avantajı sağlamaktadır (Yılmaz & Aslan, 2021). Işık, bitkilerin fotosentez süreçlerinde kritik bir rol oynadığı için, ışık rekabeti, bitkilerin genel verimliliği üzerinde doğrudan etkili olmaktadır (Çetin & Öztürk, 2021).

Yabancı otlar, genellikle daha geniş yaprak yüzey alanlarına sahip oldukları için ışığı daha iyi absorbe edebilirler. Bu durum, yem bitkilerinin ışık alımını kısıtlayarak fotosentez verimliliğini düşürmektedir. Yapılan araştırmalar, yabancı otların yoğunluğu arttıkça, yem bitkilerinin fotosentetik aktivitesinde belirgin bir azalma gözlemlendiğini göstermektedir (Demir & Kaya, 2022). Örneğin, geniş yapraklı yabancı ot türleri, yem bitkilerinin üzerini kaplayarak, onların doğrudan güneş ışığı almasını engellemekte ve bu da yem bitkilerinin büyümesini olumsuz yönde etkilemektedir (Kara & Bilgin, 2019).

Işık rekabetinin etkileri, özellikle bitkilerin büyüme dönemlerinde daha belirgin hale gelmektedir. Yabancı otların, büyüme döneminde sağladığı hızlı gelişim avantajı, onları yem bitkileri üzerinde baskın hale getirmekte ve bu durum, yem bitkilerinin veriminde ciddi kayıplara yol açmaktadır (İnanç, 2020). Ayrıca, ışık rekabetinin uzun vadeli etkileri, yem bitkilerinin genetik çeşitliliğini de tehdit edebilir. Rekabet koşulları altında, daha az rekabetçi olan yem bitkileri türleri, zamanla popülasyonlardan elenebilir ve bu da ekosistem dengesini bozabilir (Sarı & Doğan, 2019).

Sonuç olarak, yem bitkilerinde yabancı ot rekabetinin mekanizmalarından biri olan ışık rekabetinin etkileri, tarımsal üretkenlik ve sürdürülebilirlik açısından dikkate alınması gereken önemli bir konudur. Bu rekabetin iyi anlaşılması, etkili yönetim stratejilerinin geliştirilmesine ve yabancı otlarla mücadelede daha başarılı sonuçlar elde edilmesine yardımcı olacaktır.

Allelopati: Bazı yabancı otlar, çevrelerine allelopatik kimyasallar salarak yem bitkilerinin gelişimini baskılar (Tanrıverdi & Çalışkan, 2017).

Yem bitkileri ve yabancı otlar arasındaki rekabetin bir diğer önemli mekanizması allelopatidir. Allelopati, bir bitkinin kökleri, yaprakları veya diğer organları aracılığıyla çevresindeki bitkiler üzerinde kimyasal maddeler yoluyla olumsuz etkiler yaratma yeteneğini ifade eder (Kara & Bilgin, 2019). Bu mekanizma, özellikle yabancı otların kontrolü açısından kritik bir öneme sahiptir, çünkü birçok yabancı ot türü, gelişimlerini sürdürmek için olumsuz allelopatik etkilerden yararlanabilir (Çetin & Öztürk, 2021).

Yabancı otların allelopatik etkileri, yem bitkilerinin büyümesini, gelişimini ve genel sağlığını olumsuz yönde etkileyebilir. Örneğin, bazı geniş yapraklı yabancı otlar, köklerinden saldıkları kimyasallar sayesinde yem bitkilerinin kök gelişimini inhibe edebilir (Demir & Kaya, 2022). Bu tür kimyasal maddeler, bitkilerin besin maddelerini emme yeteneklerini kısıtlayarak, rekabet avantajı sağlar ve sonuç olarak yem bitkilerinin veriminde kayıplara yol açar (Yılmaz & Aslan, 2021). Yabancı otlar salgıladıkları allelokimyasallar ile oluşturdukları atıklar sonucu kültür bitkilerinin çimlenme ve büyümesini engellemektedirler (Işık ve ark.,2010).

Ayrıca, allelopatik etkiler, yalnızca yem bitkilerinin büyümesini etkilemekle kalmaz; aynı zamanda toprak mikroorganizmalarının dengesini de bozabilir. Bu durum, toprak sağlığını olumsuz yönde etkileyebilir ve uzun vadede ekosistem dengesizliğine neden olabilir (İnanç, 2020). Bazı araştırmalar, özellikle tarımsal arazilerde, yabancı otların saldıgı allelopatik bileşiklerin topraktaki besin döngüsünü olumsuz etkilediğini ve bu durumun yem bitkilerinin büyümesini kısıtladığını göstermektedir (Sarı & Doğan, 2019).

Yem bitkilerinde yabancı ot rekabetinin allelopatik etkileri üzerine daha fazla araştırma yapılması, hem tarımsal üretkenliği artırmak hem de sürdürülebilir tarım uygulamalarını desteklemek açısından büyük önem taşımaktadır. Allelopatik etkileşimlerin anlaşılması, bu tür etkileşimleri azaltacak yönetim stratejilerinin geliştirilmesine yardımcı olabilir ve böylece yabancı ot kontrolü daha etkili hale getirilebilir.

3. Yabancı Otların Yem Bitkilerinin Besin Değerleri Üzerindeki Etkileri

Yabancı otlar, yem bitkilerinin besin değerleri üzerinde önemli etkilere sahip olup, bu durum hayvancılıkta kullanılan yemlerin kalitesini doğrudan etkilemektedir. Yabancı otların, yem bitkileri ile rekabeti, özellikle besin maddelerinin alımını sınırlandırarak, bitkilerin protein, mineral ve vitamin içeriğini düşürmektedir (Yılmaz & Aslan, 2021). Araştırmalar, yüksek yoğunlukta bulunan yabancı otların, yem bitkilerinin besin değerinde %20-30'a kadar kayıplara neden olabileceğini göstermektedir (Çetin & Öztürk, 2021).

Yabancı otlar, özellikle azot, fosfor ve potasyum gibi temel besin maddeleri için güçlü bir rekabet sergilemektedir. Örneğin, geniş yapraklı yabancı ot türleri, bu besin maddelerini daha verimli bir şekilde kullanarak, yem bitkilerinin besin alımını kısıtlamaktadır (Demir & Kaya, 2022). Bu durum, yem bitkilerinin genel büyüme ve gelişimini olumsuz yönde etkileyerek, hayvanların beslenme verimliliğini de düşürmektedir (Kara & Bilgin, 2019).

Yabancı otların etkisi, bitkilerin gelişim aşamasında daha belirgin hale gelmektedir. Özellikle genç yem bitkileri, yabancı otların saldırısına daha açıktır ve bu dönemde besin maddelerinin alımında ciddi kısıtlamalar yaşayabilirler (İnanç, 2020). Bu nedenle, erken dönemde yabancı ot kontrolü, yem bitkilerinin besin değerinin korunması açısından kritik bir öneme sahiptir (Sarı & Doğan, 2019).

Ayrıca, bazı yabancı ot türleri, besin maddeleri açısından zengin bileşenler içerebilir, bu da bazı durumlarda hayvanların beslenme gereksinimlerini karşılamalarına yardımcı olabilir. Ancak, bu potansiyel fayda genellikle baskın yabancı ot türlerinin yarattığı rekabetin olumsuz etkileriyle dengelenmektedir (Altop, 2018). Bu nedenle, yem bitkileri ve yabancı otlar arasındaki rekabetin iyi anlaşılması, etkili yönetim stratejilerinin geliştirilmesi ve besin değerinin artırılması açısından büyük önem taşımaktadır.

4. Yabancı Ot Yönetimi ve Kontrol Yöntemleri

Mekanik Kontrol Yöntemleri: Yabancı otlarla mücadelede yaygın olarak kullanılan mekanik yöntemler, toprağı işleyerek otların köklenmesini zorlaştırır (Arslan, 2018). Bu yöntem, yem bitkilerinin korunmasında geleneksel ve sürdürülebilir bir yaklaşım olarak öne çıkar. Yabancı otlarla mücadelede mekanik kontrol yöntemleri, tarımsal üretkenliği artırmak ve yem bitkilerinin sağlığını korumak için önemli bir strateji olarak öne çıkmaktadır. Mekanik kontrol, fiziksel yöntemlerle yabancı otların kontrol edilmesini sağlarken, kimyasal gübre ve herbisit kullanımına alternatif sunmaktadır (Çetin & Öztürk, 2021). Bu yöntemler arasında sürme, çapalama, ot biçme ve temizleme gibi çeşitli uygulamalar yer almaktadır (Yılmaz & Aslan, 2021).

Sürme işlemi, toprak yüzeyindeki yabancı otların kökleri ile birlikte yerinden kaldırılmasını sağlayarak, bu bitkilerin yeniden büyümesini engeller. Bu yöntem, özellikle tarlalarda yoğun yabancı ot popülasyonlarının bulunduğu durumlarda etkili olmaktadır (Demir & Kaya, 2022). Çapalama ise, yüzeydeki yabancı otları keserek ve toprakta karıştırarak, onların büyüme potansiyelini azaltmak için kullanılan bir tekniktir. Çapalama, özellikle genç yem bitkileri için önemli bir koruma sağlamaktadır (İnanç, 2020).

Mekanik kontrol yöntemlerinin avantajları arasında, toprak sağlığını koruma, çevresel etkilerin azaltılması ve insan sağlığına olan potansiyel zararın minimuma

indirilmesi yer almaktadır (Kara & Bilgin, 2019). Bununla birlikte, bu yöntemlerin sınırlamaları da bulunmaktadır. Mekanik kontrol uygulamaları, zaman alıcı olabilir ve belirli bir uzmanlık gerektirebilir. Ayrıca, bazı durumlarda, yabancı otların köklerinin tam olarak çıkarılmaması, onların yeniden büyümesine yol açabilmektedir (Sarı & Doğan, 2019).

Sonuç olarak, mekanik kontrol yöntemleri, yem bitkileri üretiminde yabancı otlarla mücadelede etkili bir alternatif sunmaktadır. Bu yöntemlerin, özellikle sürdürülebilir tarım uygulamaları kapsamında, kimyasal kontrol yöntemleriyle kombinlenmesi, genel verimliliği artırma ve çevresel etkiyi azaltma açısından önemli bir strateji olarak değerlendirilmektedir. Mekanik kontrol yöntemlerinin etkinliği, yerel koşullara göre optimize edilerek artırılabilir ve bu da tarımsal üretkenliği olumlu yönde etkileyecektir.

Kimyasal Kontrol (Herbisit Kullanımı): Herbisitler, özellikle geniş yapraklı yabancı otları yok etmek için etkili bir araçtır. Ancak, herbisit direnci gibi sorunlar nedeniyle bu yöntemin dikkatli bir şekilde planlanması gerekmektedir (Özkan & Gürkan, 2020). Yem bitkilerinde yabancı ot yönetiminde kimyasal kontrol, yani herbisit kullanımı, yabancı otlarla mücadelede en etkili yöntemlerden biri olarak yaygın bir şekilde uygulanmaktadır. Kimyasal kontrol yöntemi, özellikle geniş yapraklı yabancı ot türlerinin baskın olduğu alanlarda yem bitkilerinin gelişimini desteklemek için tercih edilir (Özkan & Gürkan, 2020). Ancak, herbisitlerin uygun dozlarda ve doğru zamanda uygulanmaması durumunda yem bitkileri üzerinde fitotoksik etki göstererek verim kayıplarına yol açabilir. Bu nedenle, herbisit kullanımının dikkatle planlanması ve yönetilmesi büyük önem taşır (Altop, 2018).

Herbisit kullanımında karşılaşılan en önemli sorunlardan biri, bazı yabancı ot türlerinin herbisitlere karşı direnç geliştirmesidir. Bu direnç, herbisit uygulamalarının etkinliğini düşürmekte ve yabancı ot kontrolünü zorlaştırmaktadır. Örneğin, *Chenopodium album* gibi bazı türlerin, uzun süre aynı etken maddeye maruz kaldıklarında direnç geliştirdiği bildirilmiştir (Kara & Bilgin, 2019). Bu nedenle, yem bitkileri yetiştiriciliğinde herbisit direncini önlemek için rotasyonel uygulama stratejileri geliştirilmekte ve farklı herbisit gruplarının dönüşümlü olarak kullanılması önerilmektedir (Yılmaz & Aslan, 2021).

Kimyasal kontrol yöntemleri, etkili olmalarına rağmen, çevre ve insan sağlığı üzerinde yaratabileceği potansiyel olumsuz etkiler nedeniyle sürdürülebilir tarım ilkeleri doğrultusunda sınırlandırılmalıdır (İnanç, 2020). Bu bağlamda, herbisitlerin kontrollü kullanımı ve çevre dostu alternatif yöntemlerle birlikte uygulanması, hem yem bitkileri verimliliğini artırmak hem de ekosistem sağlığını korumak açısından önemlidir (Çetin & Öztürk, 2021).

Biyolojik Kontrol Yöntemleri: Özellikle bazı mantar veya böcek türlerinin yabancı ot kontrolünde kullanımı üzerinde yapılan araştırmalar ümit vericidir (Sarı

& Doğan, 2019). Ancak, bu yöntemlerin sınırlılıkları da bulunmaktadır. Yem bitkilerinde yabancı ot yönetiminde biyolojik kontrol yöntemleri, sürdürülebilir tarım ilkeleri doğrultusunda giderek daha fazla önem kazanmaktadır. Biyolojik kontrol, yabancı otlarla doğal düşmanları aracılığıyla mücadele etmeyi amaçlar ve böylece kimyasal herbisitlerin kullanımını azaltarak çevre dostu bir alternatif sunar (Sarı & Doğan, 2019). Özellikle mikroorganizmalar, böcekler ve patojenler, yabancı otların büyümesini ve yayılmasını kontrol altına almak için etkili biyolojik ajanlar olarak kullanılabilmektedir (Çetin & Öztürk, 2021).

Yabancı otlar üzerinde spesifik olarak etki gösteren bazı böcek ve mantar türleri, biyolojik kontrolün başarısını artırmaktadır. Örneğin, *Alternaria* spp. gibi bazı mantar türleri, geniş yapraklı yabancı otlarda yaprak dokularına zarar vererek gelişimlerini engellemektedir (Tanrıverdi & Çalışkan, 2017). Bu tür uygulamalar, özellikle yem bitkilerinin gelişimini desteklemek için faydalı olabilir, çünkü biyolojik ajanlar hedef yabancı otlara karşı seçici davranırken yem bitkilerine zarar vermezler (Altop, 2018).

Biyolojik kontrol yöntemlerinin bir diğer avantajı, uzun vadeli ve kendini yenileyebilen bir çözüm sunmalarıdır. Yabancı otların biyolojik ajanlar tarafından sürekli baskı altında tutulması, yeniden çıkışlarını ve yayılmalarını sınırlayabilir. Bu yaklaşım, ekosistem dengesini koruyarak sürdürülebilir tarımı desteklemekte ve biyolojik çeşitliliğin korunmasına katkıda bulunmaktadır (İnanç, 2020). Ancak, biyolojik kontrol yöntemlerinin başarılı olabilmesi için doğru ajanların seçimi ve bu ajanların ekosistemle uyumlu bir şekilde entegre edilmesi gerekmektedir (Kara & Bilgin, 2019).

5. Ekosistem Üzerindeki Etkiler ve Sürdürülebilirlik

Ekosistem Dengesinin Korunması: Yabancı otlarla mücadelede kullanılan yöntemlerin, ekosistem dengesini koruma zorunluluğu vardır (Demirtaş & Çiçek, 2021). Örneğin, aşırı herbisit kullanımı toprağın biyolojik yapısını bozabilir.

Sürdürülebilir Yabancı Ot Yönetim Stratejileri: Sürdürülebilir yöntemler, sadece yabancı otları kontrol etmekle kalmaz, aynı zamanda yem bitkilerinin biyolojik çeşitliliğini ve kalitesini de korumayı amaçlar (Aksoy & Kılıç, 2022). Sürdürülebilir yabancı ot yönetim stratejileri, tarımsal üretkenliği artırma ve çevresel etkileri azaltma hedefi doğrultusunda geliştirilmiş bir dizi uygulamayı içermektedir. Bu stratejiler, hem ekonomik hem de ekolojik dengeyi sağlamak amacıyla, kimyasal, mekanik ve biyolojik kontrol yöntemlerini entegre bir biçimde kullanmayı amaçlamaktadır (Çetin & Öztürk, 2021).

Birincil stratejilerden biri, entegre yabancı ot yönetimi (IWM) yaklaşımıdır. Bu yaklaşım, mekanik, kimyasal ve biyolojik yöntemlerin bir arada kullanılmasını teşvik eder. Örneğin, mekanik kontrol yöntemleri, yani sürme ve çapalama, toprak

sağlığını korurken, kimyasal kontrol yöntemleri ile birlikte uygulandığında, yabancı otların etkin bir şekilde kontrol edilmesine yardımcı olabilir (Yılmaz & Aslan, 2021). Bu yöntemlerin bir arada kullanılması, hem verimliliği artırabilir hem de çevresel etkileri en aza indirebilir.

Biyolojik kontrol ise, sürdürülebilir yönetim stratejilerinin önemli bir parçasını oluşturur. Yabancı otların doğal düşmanlarını kullanmak, ekosistem dengesini koruyarak yabancı ot popülasyonunu kontrol etmenin etkili bir yoludur (Demir & Kaya, 2022). Örneğin, bazı böcek türleri ve mantarlar, belirli yabancı ot türlerinin büyümesini inhibe edebilir. Bu tür doğal kontrol yöntemleri, kimyasal maddelerin kullanımını azaltarak, çevreye olan olumsuz etkileri en aza indirmektedir (Kara & Bilgin, 2019).

Ayrıca, tarımsal uygulamaların çeşitlendirilmesi ve rotasyon sistemlerinin benimsenmesi, yabancı otların kontrolü için önemli stratejilerdir. Bitki çeşitliliği, yabancı otların yayılma potansiyelini azaltırken, toprak sağlığını da olumlu yönde etkileyebilir (İnanç, 2020). Özellikle, yem bitkilerinin ve diğer tarımsal ürünlerin rotasyonla ekilmesi, belirli yabancı ot türlerinin baskın hale gelmesini engelleyebilir (Sarı & Doğan, 2019).

Sonuç olarak, sürdürülebilir yabancı ot yönetim stratejileri, çeşitli yöntemlerin entegre bir biçimde uygulanmasıyla elde edilebilir. Bu stratejiler, tarımsal verimliliği artırırken çevresel sürdürülebilirliği de desteklemektedir. Tarım uygulamalarında bu tür stratejilerin benimsenmesi, hem çiftçilere hem de ekosistemlere fayda sağlayacak şekilde geleceğe yönelik sağlam bir zemin oluşturacaktır.

6. Sonuç

Yabancı otlarla etkin bir şekilde mücadele edilmesi, yem bitkilerinin verimliliği ve kalitesinin korunması açısından önemlidir. Yabancı ot kontrolü konusunda sürdürülebilir ve yenilikçi stratejiler geliştirilmesi yem bitkileri tarımından elde edilecek verim ve kaliteyi doğrudan etkileyecektir. Yabancı otların biyolojik, ekolojik ve genetik özellikleri üzerinde daha fazla araştırma yapılması, etkili yönetim stratejilerinin geliştirilmesine katkı sağlayabilir. Bu araştırmalar, yerel koşullara özgü çözümler sunarak, yem bitkileri verimliliğini artırabilir. Yetiştiricilikte yerli türlerin tercih edilmesi, koşullara daha iyi adapte olabilmeyi sağlamakta ve bu sayede yabancı otlarla rekabet edebilme yetenekleri artmaktadır. Bütün bunlar göz önünde bulundurulduğunda diğer kültür bitkilerinde olduğu gibi, doğru zamanda doğru yöntemlerle yabancı ot mücadelesi, kazançlı yem bitkileri tarımı ve doğal kaynakların sürdürülebilirliği açısından da hayati öneme sahiptir.

Kaynakça

- Aksoy, H., & Kılıç, B. (2022). Sürdürülebilir tarımda yabancı ot yönetim stratejileri. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 18(3), 256-268.
- Altop, S. (2018). Yem bitkilerinde yabancı ot mücadelesi: Verim ve kaliteye etkiler. *Ziraat ve Hayvancılık Dergisi*, 32(2), 102-111.
- Arslan, M. (2018). Mekanik yabancı ot kontrol yöntemleri ve yem bitkileri yetiştiriciliğindeki önemi. *Tarım Teknolojileri ve Yönetim Araştırmaları Dergisi*, 14(1), 67-78.
- Çetin, Y., & Öztürk, E. (2021). Yem bitkilerinde yabancı ot istilasının besin değerlerine etkisi. *Hayvancılık ve Bitki Besleme Dergisi*, 8(2), 185-195.
- Demir, S., & Kaya, M. (2022). Işık rekabeti ve yabancı otların yem bitkileri üzerine etkileri. *Bitki Fizyolojisi Dergisi*, 21(1), 45-58.
- Demirtaş, Z., & Çiçek, H. (2021). Yabancı ot kontrolünde sürdürülebilir yöntemlerin ekosistem üzerindeki etkileri. *Tarım Ekosistem Bilimleri Dergisi*, 5(3), 212-229.
- Güler, M., & Yılmaz, T. (2023). Yabancı ot yönetimi ve yem bitkileri verimliliği üzerine etkileri. *Tarım ve Ziraat Bilimleri Dergisi*, 25(1), 90-99.
- Işık, D., Mennan, H., Dok, M., Kaya, A., & Altop, E. (2010). Koruyucu toprak işleme ve doğrudan ekim sistemlerinde yabancı ot mücadelesi. *Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi*, 27, 45-57.
- İnanç, M. (2020). Yem bitkilerinde yabancı ot kontrolünün önemi ve sürdürülebilir yaklaşımlar. *Doğa ve Çevre Araştırmaları Dergisi*, 9(1), 34-46.
- Kara, F., & Bilgin, Z. (2019). Yem bitkilerinde besin değeri kayıpları ve yabancı ot istilas. *Zootekni ve Yem Bitkileri Bilimleri Dergisi*, 16(4), 299-310.
- Karaman, R. (2019). Yem bitkilerinin yetiştirilmesinde yabancı otların etkisi ve kontrol yöntemleri. *Tarla Bitkileri Bilimleri Dergisi*, 7(2), 157-166.
- Özkan, M., & Gürkan, T. (2020). Yem bitkilerinde herbisit direnci ve yönetim stratejileri. *Ziraat Kimyasalları ve Toksikoloji Dergisi*, 11(2), 154-166.
- Sarı, K., & Doğan, E. (2019). Biyolojik yabancı ot kontrolü ve yem bitkileri üzerindeki etkileri. *Tarım Biyoteknolojisi ve Doğal Kaynaklar Dergisi*, 6(3), 183-198.
- Tanrıverdi, L., & Çalışkan, H. (2017). Allelopati ve yabancı otların yem bitkileri üzerindeki kimyasal etkileri. *Bitki Koruma Bilimleri Dergisi*, 15(2), 88-96.
- Yılmaz, O., & Aslan, Y. (2021). Yem bitkilerinde yabancı ot rekabeti: Su ve besin maddesi dağılımına etkiler. *Tarımsal Araştırmalar ve Yönetim Dergisi*, 10(4), 203-216.

9. Bölüm

Tabakalanmış Ağaç Malzeme (Glued Laminated Timber)

Vedat ÇAVUŞ¹
Nasır NARLIOĞLU²
Bekir Cihad BAL³
Mete YAMALI⁴

¹ İzmir Katip Çelebi üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Türkiye, vedat.cavus@ikcu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-3289-7831

² İzmir Katip Çelebi üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü, Türkiye, nasir.narlioglu@ikcu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-1295-6558

³ Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Malzeme Bölümü, Türkiye, hcbal@ksu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7097-4132

⁴ İzmir Katip Çelebi üniversitesi, Orman Fakültesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Türkiye, meteyamali@hotmail.com, ORCID: 0009-0000-3314-0518.

1. Tabakalanmış Ağaç Malzeme (TAM)

Genel görünümü Şekil 1’de verilen tabakalanmış ağaç malzeme (TAM), yaygın olarak glued laminated lumber İngilizce isminin kısaltılması ile yani “Glulam” adı ile bilinmektedir. Ülkemizde ise TAM; tutkallanmış lamine ahşap, lamine ahşap olarak bilinmektedir (Smulski, 1997). Bu ürün Kuzey Amerika’da, tabakaları sağlayan malzeme “laminating stock” veya “lam stock” olarak ta isimlendirilmektedir. ASTM D3737 (1991) TAM’ı; uygun şekilde seçilmiş ve hazırlanmış kerestelerin düz ya da eğri şekilde, dört ya da daha fazla tabakanın son ürünün boyuna paralel olarak yerleştirilmesi ile rutubet ve dış ortam şartlarına dayanıklı yapısal tutkallarla birleştirilmesiyle elde edilen bir ürün olarak tanımlamaktadır (Azambujaa ve Diasb, 2006). TS EN 14080 (2013) standardı ise TAM’ı; son kalınlığı 6 mm’den 45 mm’ye kadar olan, bir veya yanyana iki ağaç malzemeden oluşan en az 2 tabakanın birbirleriyle paralel olacak şekilde yapıştırılarak bir araya getirilmesiyle üretilen yapısal ahşap kompozit malzeme olarak tanımlanmaktadır. Normal keresteler çatlak, budak gibi istenmeyen kusurlar içerdiğinden yapısal uygulamalarda kullanımları sınırlıdır. TAM, kereste kusurlarının arındırılmasına veya son ürünün içinde dağıtılmasına ve plantasyon odunlarının üretimlerinde kullanılmasına olanak sağlayan bir üretim tekniğidir (Mirski ve ark., 2021). TAM, yapısal bir malzeme olup uygun şekilde seçilmiş ve hazırlanmış ağaç malzeme parçalarının düz ya da eğri şekilde, lif yönleri son ürünün boyuna paralel olarak yapıştırılmış ağaç malzeme olarak tanımlanır. TAM, genellikle dikdörtgen kesit biçimindedir ve üretiminde kullanılan kerestelerin kalınlıkları genellikle 20 ile 45 mm arasındadır (Howard, 1997).



Şekil 1. Farklı kesit şekli ile hazırlanmış TAM’lar (URL-1)

TAM, geleneksel yöntemlerle kesilmiş keresteye göre daha homojen dağılımlı ve daha yüksek mekanik özelliklere sahip kompozit malzemedir. Kesilmiş kerestelerin lif yönleri genellikle birbirlerine paralel olacak şekilde düzenlenir. Daha sonra rutubet, sıcaklık ve biyolojik etmenlere karşı dirençli yapısal yapıştırıcılarla birbirine yapıştırılır. Lamine yapı elemanları, yüksek derecede prefabrikasyon ile karakterize edilen endüstriyel yapı elemanlarıdır. TAM, en hafif yapı malzemelerinden biri olup önceden hesaplanabilir tasarım değerleri ile olağanüstü elastik ve mekanik özelliklere sahip olması nedeniyle, kiriş ve kolonlar ile sınırlandırılmamış geniş açıklıklı düzlemsel yapıların üretiminde de kullanılabilir (Ong, 2015).

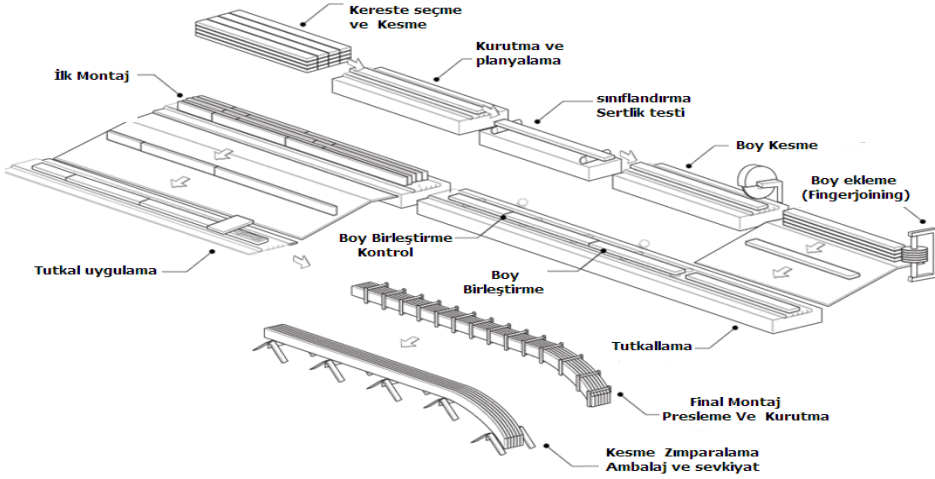
1.1. TAM'ın Tarihçesi

TAM konstrüksiyon ilkelerinin 1860'lara, İngiltere'nin Southampton kentindeki King Edward VI Koleji'nin toplantı odasına dayandığı düşünülmektedir (Booth, 1994). TAM ilk olarak 1893 yılında İsviçre'nin Basel kentinde bir oditoryum inşaatında kullanılmıştır (Fell, 1999). Ancak, ilk patent 1901 yılında Almanya'nın Weimar kentinden bir marangoz olan Otto Karl Freidrich Hetzer'in bu konstrüksiyon yönteminin patentini almasıyla ortaya çıkmıştır. İsviçre'de onaylanan Hetzer'in patenti, birbirine yapıştırılmış birkaç laminasyondan düz bir kiriş oluşturmayı içermektedir (Muraleedharan ve Reiterer, 2016). 1906 yılında Almanya'da glulam'ın kavisli bölümleri için bir patent alınmıştır. Bu patentin ardından Avrupa'daki diğer ülkeler de kısa süre içinde patentleri onaylamaya başladı ve 1922 yılına gelindiğinde TAM 14 ülkede kullanılıyordu. Bu teknoloji Amerika Birleşik Devletleri'ne ilk olarak 1906 yılında getirilmiş ancak ilk kez kullanması 1934 yılına kadar mümkün olmamıştır. TAM üretimine I. Dünya Savaşı'nın başladığı yıllarda başlanmıştır (Andreas 1996). Bu malzeme ilk olarak uçaklarda ve daha sonra yapısal uygulamalar için kullanılmıştır. TAM, rutubete dayanıklı tutkalların ortaya çıkması ile köprü ve deniz inşaatlarında da kullanılmaya başlamıştır. TAM, günümüzde binalarda taşıyıcı elemanlar olarak kullanılmaktadır (Fell, 1999). 1936'da ABD'de hem TAM kemerleri üretmek için kullanılan şekillendirme ekipmanının hem de TAM kemerlerin patenti alınmıştır. Alınan patentlerden sonra TAM üzerine akademik çalışmalara başlanılmıştır. Tamamen rutubete dayanıklı fenol-resorsinol yapıştırıcının 1942 yılında piyasaya sürülmesi TAM'ın açık veya dış ortamlarda kullanılmasını sağladı ve uygulanabilir pazar alanlarını genişletti (Muraleedharan ve Reiterer, 2016). İkinci Dünya Savaşı'nın ortasında savaş çabaları için çeliğe ihtiyaç duyulduğundan Glulam konstrüksiyon daha yaygın hale geldi. Mühendislik ürünü ve masif ahşabın önde gelen imalatçıları, endüstriyi standartlaştırmaya ve kullanımını teşvik

etmeye yardımcı olmak için Amerikan Ahşap Yapı Enstitüsü'nü (AITC) oluşturmak üzere 1952 yılında güçlerini birleştirdi. Glulam için ilk üretim standardı 1963 yılında ABD Ticaret Bakanlığı tarafından yayınlandı. Glulam üretimi bu yıllardan itibaren ABD ve Kanada'ya yayılmış ve köprüler gibi diğer yapılar için kullanılmıştır. Şu anda ANSI (American National Standards Institute) standartları, A190.1 altında standartlaştırılmıştır (Rhude 1996; APA,2022).

1.2. TAM Üretim Süreçleri

Genel kanaatlerin aksine ağaç malzeme kullanımı ile direnç/ağırlık oranına göre çelik ve betondan daha güçlü yapısal ürünler üretilebilir. Bu fikir ilk ortaya atıldığında ağaç malzemenin anizotrop yapısı, türlere ve tomruktan alındığı yere göre direncinin değişmesi ve yapısında bulunan kusurlar gibi çeşitli nedenlerle mühendisler ağaç malzemeyi kullanmak istememişler (Smulski, 1997). Ancak, TAM teknolojisinde direnç azaltan doğal kusurların giderilmesi ve kısa boylu hatasız kerestelerin parmak birleştirme yöntemi kullanılarak yapısal kirişler haline getirilmesi ile ağaç malzemeler mühendisler tarafından kullanılabilir hale getirilmişlerdir (Ong, 2015). TAM teknolojisi neredeyse tüm yapısal ürünlerin, farklı bina projelerinin gereksinimlerine göre farklı boyut ve şekillerde üretilmesine olanak sağlamıştır (Bravo ve ark., 2023). Şekil-2'de TAM'ın üretim süreçleri gösterilmiştir.

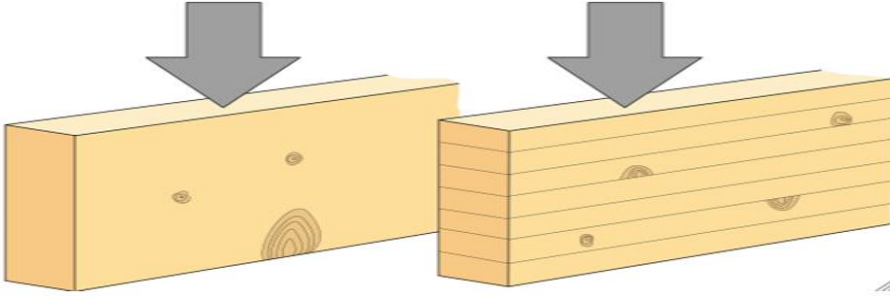


Şekil 2. TAM üretim süreçleri (CWC, 2010)

TAM üretimi için ilk basamak kerestenin kurutulması ve sınıflandırılmasıdır. TAM konstrüksiyon için hemen hemen tüm ağaç malzeme türleri kullanılabilse de, en yaygın olanları birinci sınıf ladin, göknar, karaçam ve kavak

keresteleridir. TAM üretiminde kullanılacak ağaç malzemenin sağlam olması ve uygun şekilde kurutulmuş (maksimum %18 (15 ± 3) nem) olmasının yanında büyük kusurları içermemesi gerekmektedir. Ağaç malzeme önce kereste olarak kesilir ve doğal kurutmaya bırakılarak kurutulur, ardından istenen rutubet miktarına ulaşmak için fırında kurutulur. Montaj öncesine kadar üretimde kullanılacak tabakalar sıcaklık ve rutubet kontrollü bir depoda saklanır. Üretimde kullanılacak kerestelerin rutubeti, daha sonra kullanılacak rutubet miktarı derecesinden %1-2 daha düşük olmalıdır (How ve ark., 2016). Bir TAM elemanındaki münferit tabakalar arasındaki rutubet miktarı farkı %4'ü geçmemelidir (EN 386). İstenilen rutubet miktarının üzerindeki keresteler ise yeniden kurutulmalıdır.

TAM'ı oluşturan tabakaların maksimum kalınlığı ağaç türüne ve hizmet sınıfına bağlıdır. Hizmet sınıfı 1 ve 2 olan iğne yapraklı ağaç türleri için maksimum kalınlık 45 mm'dir. Kavisli elemanlarda tabakaların maksimum kalınlığı kavis yarıçapına ve ağaç malzemenin karakteristik eğilme dayanımına bağlıdır. Tabakaların net genişliği 20 cm'yi geçmemeli ve brüt genişlik 21 cm veya daha az olmalıdır. Bazı durumlarda tabakaların genişliğinin maksimum 30 cm'ye kadar artırılması gerekebilir. Bu durumda iki tabakanın sadece tabakalama olarak değil cumba cumbaya (kenar-kenara) yapıştırılması da gereklidir (How ve ark., 2016; Kuzman ve ark., 2010). TAM, “Yapı Kerestesi-Mukavemet Sınıfları” EN 338 standardına göre sınıflandırılır. Bu standarda göre ağaç malzeme mekanik değerlerine göre 2 grup ve 20 sınıfa ayrılır. Bu gruplama yapılırken eğilme, liflere paralel çekme, liflere dik çekme, liflere paralel basınç, liflere dik basınç, makaslama, liflere paralel elastisite modülü, liflere dik elastisite modülü, makaslama modülü ve yoğunluk gibi kriterler dikkate alınır. Ağaç malzeme sınıfları belirlenirken akustik, ultrasonik uygulamalar, yoğunluk ölçümü ve rutubet ölçümü gibi tahribatsız yöntemler kullanılır. EN 338 standardında belirtilen iki grup C ve D olarak adlandırılır. C grubu, sıkça kullanılan çam, göknar, ladin, sedir gibi ağaçların bulunduğu yumuşak ağaç grubudur. İsimlendirme yapılırken C'den sonra gelen rakam, ahşabın karakteristik eğilme gerilimini ifade eder. D grubu içerisinde ise merbau, balau, teak gibi sert ağaçları içeren Güneydoğu Asya, Afrika, Avustralya gibi ülkelerde yetişen tropik ağaçlar bulunur (Yüncüler, 2019).

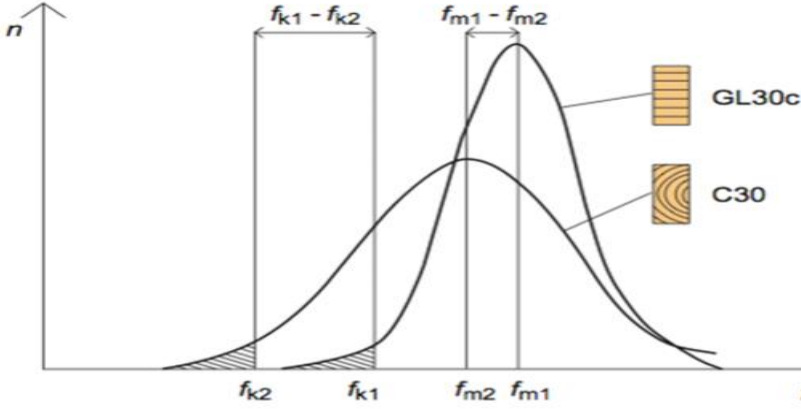


Şekil 3. TAM ile kerestede kusurların dağılımı (URL-2)

TAM, düşük sınıflı kerestelerden de üretilebilir. Bu durumda üretilen TAM'ın dış tabakalarında yüksek dirençli olanlar ve iç kısımlarında düşük dirençli olanlar kullanılabilir (Fell, 1999). TAM üretiminde genellikle ladin ağacı kullanılmaktadır. Üretimin ilk adımında kullanılacak kerestenin seçimi, kurutulması, planyalanması ve sınıflandırılması işlemleri yapılır. Üretimde kullanılacak parçalar elektronik, mekanik ve görsel olarak sınıflandırılabilir (Farreyre, 2005).

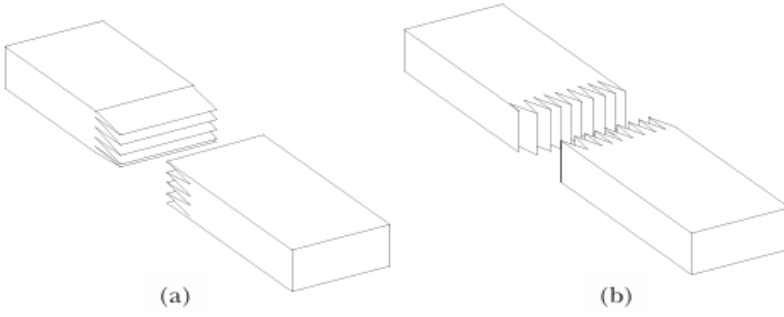
Kereste seçim işleminde ağaç malzemenin uçlarındaki budaklar ve varsa diğer kusurlar kesilir ve daha sonra kereste sınıfına göre gruplandırılır (How ve ark., 2016). TAM üretim aşamasında tabakalamanın etkisi ile aynı kesit boyutuna sahip kerestede bulunan direnç azaltıcı budak ve kusur gibi istenmeyen unsurlar ürün içerisinde dağıtılacağından dolayı daha güçlü bir yapı ortaya çıkmaktadır (Şekil 3).

Bir TAM elemanın yük taşıma kapasitesi, ortalama olarak aynı boyut ve kesitteki eşdeğer mukavemetteki keresteye göre daha büyüktür (Herzog, 2004). Şekil 4'te C30 direnç sınıfındaki yapı kerestesinin eşdeğer kesitindeki Glulam 30C'nin mukavemet özelliklerindeki farklılık gösterilmiştir Burada; $f_{k1} - f_{k2}$ = karakteristik mukavemet değerindeki fark ve $f_{m1} - f_{m2}$ = ortalama mukavemet değerindeki fark olarak ifade edilmiştir.



Şekil 4. C30 direnç sınıfındaki yapı kerestesinin eşdeğer kesitindeki Glulam 30C'nin mukavemet özelliklerindeki farklılık (URL-2)

Kısa odun parçalarını kullanmak ve kesme nedeniyle oluşabilecek kayıpları ortadan kaldırmak için boy birleştirmede genellikle parmak birleştirme tekniği kullanılır. TAM üretiminde kullanılan parmak birleştirmenin boyu yaklaşık olarak 2.54 cm'dir. TAM üretimi için maksimum 45 mm kalınlık gereklidir. Kavisli üretim için kalınlığı 20 mm olan parçalar kullanılabilir (Johansson, 2002). Gruplandırması yapılan kerestelerden daha uzun TAM tabakaları oluşturmak için keresteler uç uca birleştirilmelidir. Bunun için en yaygın bağlantı profili, 1,1 inç (2,8 cm) uzunluğunda olan ve her iki ucunda özel kesici kafalarla kesilen bir parmak birleştirme profilidir. Parmak birleştirme profilinin düzenine bağlı olarak yatay parmak birleştirme (Şekil 5a) ve dikey parmak birleştirme (Şekil 5b) olmak üzere iki tür parmak birleştirme vardır. Bu parmak birleştirmeli keresteler, son kullanım uygulamasına bağlı olarak tabakalama işleminde katman olarak kullanılacaktır. Yük taşıma esnasında parmak birleştirmeye dağıtılacak gerilmelerin yönünü belirleyeceğinden, parmak eklemlerinin türünün tanımlanması önemlidir. Yatay parmak bağlantıları normalde mobilyalar için kullanılır, bu sayede zig-zag parmak profili homojen yüzey sağlar. Dikey parmak birleştirmeler ise daha sağlamdır ve genellikle TAM üretimi için tercih edilir (ASTM D-4688).



a) Yatay parmak birleştirme; (b) Dikey parmak birleştirme

Şekil 5. Parmak birleştirme profili (How ve ark., 2016).

Parmak dişli birleştirme tasarımı yapılırken dişlerin eğimi veya açısı, uçlarda meydana gelecek gerilim yoğunlaşmalarının mümkün olduğunca azaltılmasını önleyecek kadar büyük olmalıdır. Diş tasarımında dikkat edilecek bir diğer husus ise etkili tutkal-bağlantı alanı oluşturmak için diş parmak uzunluğunun diş adımına oranı, önemli bir çekme mukavemeti geliştirmek için bağlantının net kesitinin en az 8 ila 10 katı olmalıdır (Jokerst, 1981). Tipik bir parmak dişli birleştirmenin geometrik ölçüleri Şekil 6’da gösterilmiştir.

Lfj	P	Bt	bn	lt	α	v(bn) %	Örnek
15	3,8	0,5	0,5	0,5	5,6	13,6	
20	5	0,6	0,6	0,5	5,7	12,0	
20	6,2	1,1	1,1	0,5	6	17,8	

Lfj= diş boyu,
 P= eğim açısı,
 bt=uç genişliği,
 bn=taban genişliği,
 α =diş açısı,
 v(bn) %= kesitteki kayıp
 * ölçüler mm’dir.

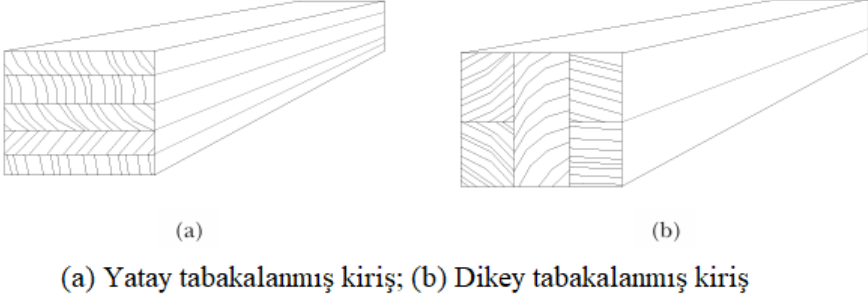
Şekil 6. Tipik bir parmak dişli birleştirmenin geometrik ölçüleri (Brandner, 2013; Çavuş, 2019)

Parmak birleştirmelerde kerestelerin boyu presin boyutu ve uzunluğuna göre belirlenir. Keresteler boyuna tabakalar için kullanıldığında, parmak birleştirmeli kerestenin maksimum uzunluğu, presin uzunluğuna göre dik tabakalar için ise presin genişliğine göre kesilir (Yeh ve ark., 2009). TAM üretiminde parmak birleştirme tekniğinin kullanılması TAM kirişlerin ve kolonların büyük ölçekte üretilmesine olanak sağlamıştır. TAM üretiminde parmak birleştirme tekniği yapıştırma için geniş bir yüzey alanı sağlar. Otomatik parmak birleştirme

makineleri sivri uçlu derzleri keser, birleştirir ve basınç altında birbirine yapıştırır, böylece aynı kesite sahip doğal ahşapla karşılaştırılabilir yüksek yükleri taşıyabilen güçlü, dayanıklı bir profil elde edilmiş olur. Parmak birleştirme işleminde yaygın olarak fenol-resorsinol, resorsinol, melamin, melamin-üre, üre, diğer termoset ve termoplastik tutkallar ile PVA (polivinil asetat) yapıştırıcılar kullanılmaktadır. Bu tutkallardan melamin, üre ve PVA'lar sadece yapısal olmayan uygulamalarda kullanılmaktadır (Jokerst, 1981). Parmak birleştirme işlemini kullanılan tutkal kuruduktan sonra planyalama işlemi takip eder. Planyalama işleminde esas amaç kusursuz bir yapışma için pürüzsüz yüzeyler sağlamaktır. Bu işlem esnasında kerestenin iki yüzeyi de planyadan geçirilerek düzeltilir. Bu işlem bütün katmalardaki kerestelerin gerekli genişlik ve kalınlığı sağlaması bakımından önemlidir. Planyalama işlemi kerestelerin yüzeye daha iyi yapışması ve yüzeyde oluşabilecek oksidasyonu azaltması için önemlidir (Yeh ve ark., 2009; Sikora ve ark., 2016). Planyalama işleminde optimum yapıştırmayı temin etmek için gereken hassasiyet sağlanmalıdır. Planyalama işleminden sonra keresteler üzerine tutkal püskürtülür (How ve ark., 2016).

Sentetik tutkalların geliştirilmesi, TAM'ın yapısal alanda çok yönlü kullanımını sağlamıştır. TAM üretiminde genellikle fenolik veya amino plastik türdeki yapıştırıcılar kullanılmaktadır (Johansson, 2002). TAM üretiminde kullanılacak yapısal tutkallar için gereklilikler HRN EN 301 standardında belirtilmiştir. Sıcaklığa, iklim değişikliklerine, kimyasallara ve mikroorganizmalara karşı dirençli tutkalların kullanılması, TAM'a betonarme ve çelik yapılara göre avantaj sağlayabilir. TAM üretiminde tutkal birleşme yerlerinin pratikte deforme olmayacak şekilde mekanik özelliklere sahip olması gerekmektedir (Şernek ve ark., 1999). Tutkalın ağaç malzemenin hücrelerine nüfuz edebilmesi için ağaç malzemenin yeterince gözenekli olması gerekir. Yanlış yapıştırma, birleştirme yerinin ani bir şekilde kırılmasına neden olabilir. Ağaç malzemenin ön hazırlık işlemleri yapıştırma için önemli bir faktördür. Ağaç malzemenin yıl halka genişliği, hücre yapısı, yaz ve ilkbahar odunu oranı, öz ve diri odun oranı, odunun içerisindeki ekstratif maddeler gibi özelliklerinin yanı sıra yüzey pürüzlülüğü (Eminoğlu ve Döngel, 2017), pres basıncı ve süresi (Franklin, 1989; Yörür, 2007), yapıştırıcı yapısı ve özellikleri (Altınok, 2002), moleküller arasındaki bağlama gücü, viskozite (Franklin, 1989), tutkalın asit oranı (ph) gibi etmenler yapışmayı etkilemektedir. Bu nedenle TAM üretiminde tutkal seçimi ve kullanımı oldukça önemlidir. TAM üretiminde genellikle yapısal bir tutkal olan fenol-resorsinol-formaldehit tutkalı kullanılır. Bu tutkal dışında fenol formaldehit veya melamin-üre-formaldehit (MUF) tutkalı da

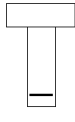
kullanılabilir. Tutkal sürülmüş keresteler yatay veya dikey olarak Şekil 7’de gösterildiği gibi tabakalanır (How ve ark., 2016).



Şekil 7. TAM tabakalama şekilleri

Tabakaların birbirine yapışması için basınç uygulanmaktadır. Tutkal sürülmüş tabakalara 0,6 ile 1,0 N/mm² arasında basınç uygulanır. Yüksek basınç, çukurlaşma ve dönme gibi etkileri ortadan kaldırmak için gereklidir. Normalde sıcaklık tutkalin kurutmasını hızlandırmak için gereklidir. Bu amaçla yüksek frekanslı kurutma kullanılabilir (Johansson, 2002). Tutkallanmış kereste, üretilcek kirişler düz ise mekanik veya hidrolik bir pres yardımıyla ve kirişin şekline göre oluşturulmuş bir sıkıştırma kalıbı içerisinde belirli bir yerleştirme düzenine göre preslenir. Üretilcek kiriş kavisli ise kereste kavisli bir biçimde üretilcek kirişin biçimine göre preslenir (Ong, 2015). Kavisli kirişler, pres basıncı serbest bırakılmadan önce 5-16 saat boyunca oda sıcaklığında bekletilir. Presten çıkan parçaların son aşamada yüzeylerinin düzeltilmesi ve boyunun kesilmesi gibi işlemler gerçekleştirilmektedir (Johansson, 2002). Yapıştırma işlemi sonrasında, üretilen kirişlerin geniş yan yüzleri ve tabakalar arasından çıkan tutkallar temizlemek için zımparalanır veya planyalanır. İstenen görünümü elde etmek için gerekirse dar üst ve alt yüzler de zımparalanabilir. Köşeler ise genellikle yuvarlatılır. Görünümle ilgili özellikler için budak deliklerinin macunla doldurulması, daha ince zımparalama ve sızdırmazlık malzemeleri, cilalar veya astar uygulanması gibi ek işlemler uygulanır. Üretim sonrasında TAM'ın depolanmasında kurallara uygun korunaklı bir yerde istiflenmesi, istif yapılan yerin rutubetten, yağıştan, kirden ve UV ışınlarından korunması gerekmektedir. İnşaat alanında uzun süreli depolamadan ise kaçınılmalıdır (Ni ve Qiu, 2012).

Kirişlerin üzerlerinde oluşan basınca karşılık çekme yönünde oluşan gerilim, parmak birleştirme ve ağacın yapısında bulunan budak gibi nedenler, TAM'ın direnç özelliklerini azaltabilir. Bu durumu ortadan kaldırmak için bu kirişlerin çeşitli yöntemlerle desteklenmesi gerekir. Geçmişte ilk önce çelikle yapılan bu desteklemenin yerini zamanla cam lifi takviyeli plastikler (GFRP), karbon lifi (CFRP) ve aramid lifi takviyeli plastikler almıştır (Romani, 2001; Jobin ve Garzon, 2007). Şekil 8'de lif takviyeli plastiklerin TAM'da kullanımı gösterilmiştir.

DİKDÖRTGEN KESİT GLULAM			ÖZEL KESİT GLULAM	
				
GLULAM KİRİŞ	GÜÇLENDİRİLMİŞ HOMOJEN GLULAM KİRİŞ	GÜÇLENDİRİLMİŞ KOMBİNE GLULAM KİRİŞ	GÜÇLENDİRİLMİŞ HOMOJEN GLULAM KİRİŞ	GÜÇLENDİRİLMİŞ KOMBİNE GLULAM KİRİŞ

Şekil 8. Lif takviyeli plastiklerin TAM üretiminde kullanımı (Romani, 2001).

1.3. TAM'ın Avantaj ve Dezavantajları

TAM'ın keresteye ve diğer mühendislik ürünü ağaç malzemelere göre birçok avantajı bulunmaktadır. Bunlar aşağıdaki şekilde sıralanabilir:

- Direnç özellikleri; kereste ile karşılaştırıldığında odunun yapısında bulunan ve istenmeyen özellikleri üretim içerisinde dağıtıldığından daha yüksek ve sabittir (Farreyre, 2005).
- Kurutulmuş ve kusursuz küçük boyutlardaki ağaç malzeme kullanılarak özellikleri iyileştirilebilir. TAM, yüksek derecede boyutsal sabitlik sağlayıp, çekmeyi, burkulmayı ve çabıyı kaldırır. Lamineler direnç kriterleri olarak ağaç malzeme türü, özgül ağırlık, kalite ve kusurları göz önüne alınarak yerleştirilebilir (Mengeloğlu ve Kurt, 2004).
- TAM, kolonlar tarafından sınırlandırılmamış geniş alanlı planlara izin verir. Taşıma kurallarının elverdiği ölçüde parmak birleştirme sayesinde istenilen uzunlukta üretilebilir. Üretim sürecinin sunduğu olanaklar sayesinde I-T-veya L- biçiminde kirişler üretilebilir (Farreyre, 2005).
- TAM'ın üretim süreci eğri, konik ve bombeli üretime olanak verir (Kirlin, 1996).
- TAM'ın dayanıklılığı, böcek ve mantarlara karşı kimyasal maddelerle emprenye edilerek ya da doğal dayanıklı ağaç malzeme kullanılarak

sağlanabilir. Aynı zamanda keresteye göre yangına (699–899 °C'ye kadar) daha dayanıklıdır (Mengeloğlu ve Kurt, 2004).

- Ağaç malzemenin ekonomik ve rasyonel şekilde kullanımının geliştirilmesi sağlanabilmektedir (Mengeloğlu ve Kurt, 2004).
- Ürün bulunabilirliği, boyut ve şekil çeşitliliği TAM'ın bir diğer avantajıdır.
- TAM'ın bir diğer avantajı üretim esnekliğidir. Bu üretim avantajı sayesinde, tasarım özelliklerine bağlı olarak herhangi bir açıda kiriş ve kolon olarak kullanılabilirler. Ayrıca farklı ek doku, renk ve renk katan ahşap türleri kullanılarak üretilebilirler (APA, 2008).

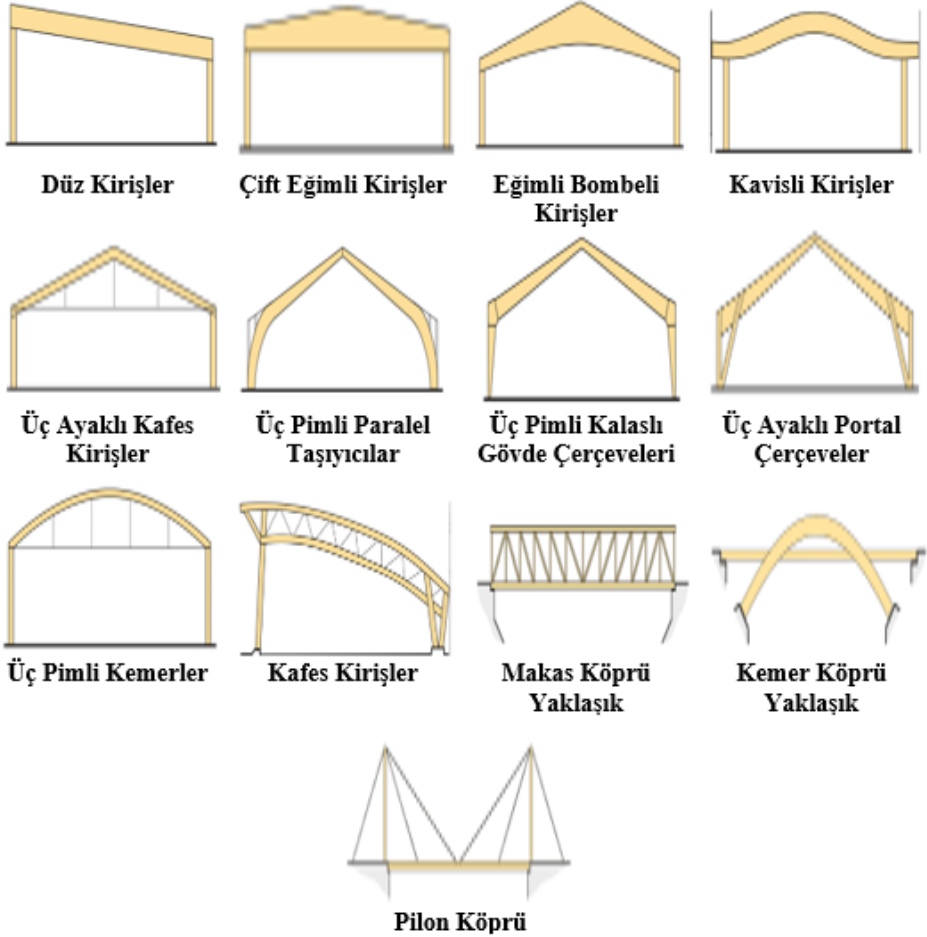
TAM'ın dezavantajları ise aşağıdaki gibi sıralanabilir (Mengeloğlu ve Kurt, 2004);

- Ekonomik faktörler (donatım için yatırım, fabrika, kalifiye işçi ve maaş) TAM'ın kullanımını etkileyebilir.
- Özellikle eğri TAM elemanlarının normal taşıma araçlarıyla nakliyesi çok zordur.
- Üretimdeki yapıştırma safhası büyük dikkat isteyip, gelişmiş üretim tekniklerine ihtiyaç duyulmaktadır.

1.4. TAM'ın Uygulama Alanları

TAM, üretiminde enerji tasarrufu, çevreye duyarlı bir ürün olması ve yüksek performans avantajları ile dünyada, özellikle Avrupa ve Kuzey Amerika'da yaygın olarak kullanılmaktadır. TAM, ağır ahşap yapı, kuvvet sistemini oluşturmak için daha büyük boyutlu tabakalanmış ağaç malzeme bileşenlerin enine kesitini kullanan bir sistemdir. TAM, esas olarak köprüler, büyük kamu binaları gibi uzun açıklıklı ve geniş alanlı binalarda kullanılır (Cheng, 2011). Günümüz inşaatlarında TAM kullanımı, başta mimar ve müteahhit olmak üzere çeşitli uzmanların başarılı iş birliğine ve inşaat sisteminin seçimine bağlıdır. Günümüzde, farklı amaçlar için en iyi inşaat projelerini mümkün kılan çeşitli farklı inşaat sistemleri bulunmaktadır. TAM, yüksek mukavemet/ağırlık oranı nedeniyle kiriş ve kolon yapımında yaygın olarak kullanılır (Ni ve Qiu, 2012; Kržišnik ve ark., 2020). Hem konut hem de ticari binalar için idealdir. Yük taşıyıcı TAM sistemleri genellikle orta ve yüksek katlı binaların kolonları, kirişleri ve kemerleri (Şekil 9) gibi yapısal bileşenler için kullanılır. Yük taşıyıcı TAM sistemleri tasarım esnekliğini kolaylaştırmak için güç, stabilite ve çeşitli uzunluk seçenekleri sağlar (Mirski ve ark., 2021). TAM, ticari olarak 45 mm x 45 mm kesitten 250 mm x 1800 mm kesit ölçülerinde ve 30 m'den fazla

uzunluklarda temin edilebilmektedir. Bir diğ er kullanım alanı ise çatı makaslarıdır. TAM, geniş açıklıklı çatılar için m ukemmel destek sağlar, bu nedenle açıklıklar arasında kolon istenmeyen spor tesisleri, oditoryumlar ve alışveriş merkezlerinde popüler olarak kullanılır. TAM ya da yaygın olarak Glulam, hem estetik nedenlerle hem de direnç, dayanıklılık ve sürdürülebilirliği nedeniyle köprü yapımında giderek daha fazla kullanılmaktadır. Mimari yapılarda ise kolay şekillendirilebilme ve kavislendirilebilme özelliği nedeniyle tenteler, kanopiler ve karmaşık çatı sistemlerinde benzersiz mimari tasarımlar oluşturmak için kullanılır. Ahşap yapılar ise bir başka kullanım alanıdır (Ohmura, 2006). TAM, sürdürülebilir bir şekilde tedarik edilebildiği,  elik ve beton gibi geleneksel malzemelere kıyasla daha düşük karbon ayak izine sahip olduğu için  evre dostu yapılarda ve ahşap yapılarda kullanılır. Açık kirişler, duvar panelleri ve binaların içindeki diğer dekoratif unsurlar gibi özellikler için iç mekan uygulamalarında kullanılabilir ve i  mekanlara sıcak bir estetik katar. Bu kullanım alanlarına ek olarak hafif yapısı nedeniyle TAM ya da Glulam, sergi stantları, sahneler veya eğlence mekanları gibi geçici yapılar için de kullanılabilir. Genel olarak TAM'ın uygulama alanları; mimarlık, inşaat ve inşaat mühendisliğinin çeşitli alanlarını kapsar ve bu da onu modern bina uygulamaları için değerli bir malzeme haline getirir (Mirski ve ark., 2023).



Şekil 9. Yük taşıyıcı TAM kolon, kiriş ve kemer gibi yapısal bileşenler için kullan örnekleri (URL-3).

TAM çevre dostu olması, kolay işlenebilirliği, dayanıklılığı ve estetik görünümü gibi özelliklerinden dolayı geniş bir kullanım alanına sahiptir. Bu nedenle Türkiye ve dünya genelinde birçok farklı sektörde tercih edilen bir yapı malzemesidir. Şekil 10 TAM'ın Dünya'da ve Türkiye'de kullanımına dair bazı örnekler verilmiştir. Özellikle geniş açıklıkların aşılmasında en iyi örneklerden biri 163 m çapında ve 49 m yüksekliğinde olan yapı, Douglas köknarından üretilen 781 TAM kirişle inşa edilen jeodezik bir kubbe ile örtülmüş olan (Şekil 10- A) Superior Dome'dir (URL-4). TAM'ın yüksek katlı binalarda kullanılmasına en iyi örneklerden biride Viyana'da TAM kullanılarak yapılmış 24 katlı HOHO (URL-5) binasıdır (Şekil 10- B). TAM'ın sahil kenarında kullanılmasına uygun bir örnekte Şekil 10-C'de gösterilmiştir. Türkiye'de de

TAM, özellikle son yıllarda çevre dostu ve estetik yapı malzemeleri arasında popüler hale gelmiştir. Yerli orman kaynaklarından üretilen TAM, çevreci bir alternatif olarak da dikkat çeker. Türkiye’de genellikle villa yapımında, ticari binalarda ve alışveriş merkezlerinde tercih edilmektedir. Tamın köprü olarak kullanım yerlerinden biride (Şekil 10- D) köprülerdir (URL-6). Ülkemizde TAM’ın uygulama alanlarına en iyi örneklerden biri Kahramanmaraş’ta bulunan (Şekil 10- E) kapalı çarşıdır (foto: Bal) bir diğer uygulama örneği de İzmir karantinada bulunan (Şekil 10- F) tramway durağıdır (URL-7). TAM yapılar da yük taşıyan yapısal eleman olma haricinde, estetik görünümü nedeniyle de tercih edilmektedir. Bunun en iyi örneklerinden birisi, Şekil 10-G ve Şekil 10-H’de verilen Eskişehir de bulunan Modern sanatlar müzesidir (Foto: Bal).



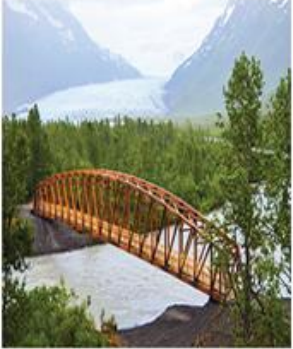
A



B



C



D



E



F



G



H

Şekil 10. Dünya’da ve Türkiye’de TAM’ın kullanımına dair bazı uygulamalar.

1.5. TAM ve yanma

Birçok ağaç malzemenin yapıda kullanılmasının sakıncalı olduğu ve yangına dayanıksız olduğu gibi bir yanlış yaklaşım söz konusudur. TAM, yangının etkisine dayanma konusunda çeliğe kıyasla üstün bir dayanıklılık derecesine sahiptir. Bu da TAM yapıları büyük kamu binaları için güvenli bir seçim haline getirmektedir. İnsanların güvenli bir şekilde tahliyesi yangın güvenliğinin en önemli unsurudur. TAM yapılar yangın altında çökmediğinden, güvenli tahliye mümkündür (Schaffer, 1968; Babrauskas, 2005). Ağaç malzemenin ısıyı kötü iletiyor olması birçok durumda ahşaba önemli avantajlar sağlamaktadır. Her şeyden önce yapısal kullanımda ısı izolasyonu, enerji verimliliği ve karbon emisyonu bakımından son derece arzu edilen bir özelliktir. Ayrıca binalarda yangın durumunda ahşap kolay tutuşmasına rağmen tutuştuktan sonra yüzeylerde oluşan kömürleşme ile birlikte ısıнын ve alevin iç kısımlara ulaşması zorlaşmaktadır (Mena ve ark., 2012; Xu ve ark., 2015). Özellikle yeterli kesit ölçüsüne sahip yapısal ahşaplarda yangın güvenliği açısından tatminkâr sonuçlar elde edilebilir. Binanın bir bölümünde süren yangının ısıнын bitişikteki bölümlere transferini de önlemektedir (Östman ve Tsantaridis, 1995). Ağaç malzemenin yanma hızı ve derecesi önemlidir. Oksijen yokluğunda yanma oluşmadığından, büyük kesitli ağaç malzemenin yüzeyinde yavaş bir yanma sonrasında kömürleşme başlar. Sıcaklık yükseldiğinde, yüzeyde tutuşan ve yanan malzemeden gazlar yayılır. Havasız ortamda veya azot altında 200 °C'nin üzerinde ağaç malzeme ısıtıldıkça bozunma artar. Hemiselülozların 200–250 °C'de, selülozun 280°C'de bozunmaya başlayıp 300–350 °C aralığında tamamen bozunduğu, ligninin de 300–350 °C'de bozunmaya başlayıp 400–450 °C'de bozunduğu birçok bilimsel çalışmada belirtilmiştir. Yavaş bozunma sonucunda su, CO₂ ve CO açığa çıkmaktadır. Hızlı pirolizde, tutuşabilir gazlar içinde CO, metan, formaldehit, formik ve asetik asit ile metanol yer almaktadır. 400-500°C'de karbonizasyonun tamamlanması ile ve tutuşucu gazların uzaklaşması sonucu geriye odun kömürü kalmaktadır. Ağaç malzemenin hızlı pirolizi, yavaş pirolize oranla yanma ısıнын arttırdığından daha az kömürleşmeye ve daha fazla yanıcı katranlar ve gazların çıkışına yol açmaktadır. Yavaş pirolizde ise daha fazla kömürleşme ve daha az yanıcı gaz çıkışı olmakta ve ana bileşenlerden selülozun yanması çoğu tutuşucu gazların çıkışına ve ligninin yanması da kor halinde yanan maddelerin oluşmasına yol açmaktadır (Peker ve Atılgan, 2015). Ağaç malzemede kömürleşmiş katman ve piriloz bölgesi Şekil 11'de gösterilmiştir.



Şekil 11. Ağaç malzemedeki kömürleşmiş katman, piriloz bölgesi (Le ve Tsai, 2019) ve yangın sonrası bir TAM malzemenin görünümü (URL-2)

Ahşap bazlı ürünler için yangın testleri esas olarak yüzey özellikleriyle ilgilidir. Genel olarak, büyük kesitli ahşap ürünler daha yüksek yangın direncine sahiptir. Yangına maruz kalma sırasında, kerestenin yüksekliği ve genişliği kömürleşme oranına bağlı olarak azalır ve geriye kalan kömürleşmemiş kereste yük taşıma kapasitesine katkıda bulunur (Schaffer, 1968; Babrauskas, 2005; Mena ve ark., 2012; Xu ve ark., 2015). Sonuç olarak kömürleşme oranı; yangına dayanıklılık ve yangın bütünlüğü açısından ahşabın en önemli özelliğidir. TAM'ın yangın direnci, kalın bir ağaç malzeme gibi davrandığından normal ahşaba benzer. Kereste, yüzeyinde yanma hızını yavaşlatan bir kömür tabakası oluşturma gibi benzersiz bir özelliğe sahiptir. Yüzey

tutuşturulduğunda, ateş ağağ malzemeye hızla nüfuz etmeye başlar. Ancak, yangın devam ettikęe ve bir kömür tabakası oluřtukęa, yanma hızı kademeli olarak azalır. Bu sayede kereste yangında uzunca bir süre gücünü ve şeklini korur. Korumasız metaller ise yanmaz olarak sınıflandırılmalarına rağmen, yangın altında güçlerini hızla kaybederler ve aniden çökerler (Östman ve Tsantaridis, 1995).

Kaynakça

- Altınok, M. (2002). Ahşap Tutkallı Birleşmelerde Yapışma Performansına Sıcaklık Artışının Etkileri. *Politeknik Dergisi*, 5 (4), 341–345.
- Andreas J. (1996). "Structural glued laminated timber: History of its origins and early development". *Forest Products Journal*. 46 (1): 15–22. ProQuest 214631336.
- APA, 2022. "History of APA, Plywood, and Engineered Wood". www.apawood.org. Retrieved 12 December 2022.
- Azambujaa, M. Diasb, A. 2006. Use of Castor Oil-based Polyurethane Adhesive in the Production of Glued Laminated Timber Beams. *Materials Research*, Vol. 9, No. 3, 287–291.
- Babrauskas, V. 2005. Charring rate of wood as a tool for fire investigations. *Fire Saf. J.* 40, 528–554. .
- Brandner, R. 2013. Production and Technology of Cross Laminated Timber (CLT): A state-of-the-art Report. in *Focus Solid Timber Solutions- European Conference on Cross Laminated Timber (CLT)*. 21 May 2013. Graz, Austria: University of Bath, Bath, pp. 3-36,
- Bravo Tetlak, T.; Gattas, J.M.; Maluk, C. 2023. Experimental Study on the Effects of Scale on the Static and Dynamic Behaviour of Glulam and Hybrid-Glulam Beams. *Constr. Build. Mater.* 369, 130563.
- Booth, L.G. (1994). "Henry Fuller's Glued Laminated Timber Roof for Rusholme Road Congregational Sunday School and other early Timber Roofs". *Construction History*. 10: 29–45.
- Cheng X, Liu W, Lu W, Yang H, Yue K. Engineering Application of Glued Laminated Timber Structures in China. *Applied Mechanics and Materials* 2011;71–78:577–82.
- CWC Canadian Wood Council. 2005. <http://www.cwc.ca/products/glulam/manufacture.php>. Son erişim tarihi:19.02.2023.
- Çavuş, V. 2019. Mühendislik Ürünü Ağaç Malzemelerde Yükselen Trend; Çapraz Tabakalanmış Kereste. *Bartın Orman Fakültesi Dergisi*, 21 (2), 560-569.
- Eminoğlu, İ., Döngel, N. (2017). Determination of bonding performance of newly developed PVAc based adhesives. *International Conference on Agriculture, Forest, Food Sciences and Technologies (ICAFOF 2017 Cappadocia / Turkey)*.
- Farreyre, A. 2005. timber trussed arch for long span. Chalmers University Of Technology Department of Civil and Environmental Engineering Division of Structural Engineering Steel and Timber Structures Master tezi Göteborg, Sweden. Page: 5.

- Fell, D. 1999. Segmenting Single-family Homebuilders on a Measure of Innovativeness. Oregon State University in Forest Products Master of Science master tezi. Page: 12.
- Franklin Glue Com. (1989). Adhesive trouble shooting. Colombus: CRC Press, 72.
- Herzog, T. (2004). Timber construction manual. Basel; Boston: Birkhäuser.
- How, S., Sik, S., Shing, H., Mohd, U. and Anwar, K. (2016). ‘An Overview of Manufacturing Process of Glued-Laminated Timber’, Timber Technology Bulletin, 63: 1-8.
- Howard, J. 1997. Investigation of the structural behavior of asphalt/ wood deck system for girder bridges. Faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University in Civil Engineering Master of Science Blacksburg, Virginia Page:2
- Johansson, C. 2002. Wood Adhesion and Glued Products, Working Group 2: Glued Wood Products. COST Action E13 State of the Art – Report Editors: Carl-Johan Johansson Tony Pizzi Marc Van Leemput 2nd Edition – August. Page: 25
- Jobin, J., Garzon-Barragán, O. L. (2007) Flehural Strengthening of Glued Laminated Timber Beams with Steel and Carbon Fiber Reinforced Polymers, Master's Thesis, Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden.
- Jokerst, R.W., 1981. Finger-jointed wood products. Research Paper FPL 382. United States Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, WI, pp.24.
- Kirlin, C.1996. Experimental and Finite-Element Analysis of Stres Distributions Near the End of Reinforcement in Partially Reinforced Glulam. Oregon State University msc thesis. Pp: 2.
- Kržišnik, D.; Grbec, S.; Lesar, B.; Plavčak, D.; Šega, B.; Šernek, M.; Straže, A.; Humar, M. 2020. Durability and Mechanical Performance of Differently Treated Glulam Beams during Two Years of Outdoor Exposure. Drv. Ind. 71, 243–252.
- Kuzman, K. M., Oblak, L., Vrantuša, S. (2010) Glued Laminated Timber in Architecture, Drvna industrija, No. 61, pp. 197-204.
- Mengeloğlu, F., Kurt, R. (2004). Mühendislik Ürünü Ağaç Malzemeler TabakalanmışKaplama Kereste (TAK) ve Tabakalanmış Ağaç Malzeme (TAM). KSÜ Fen veMühendislik Dergisi, 7(1): 39-44.
- Le, T.D.H.; Tsai, M.-T. 2019. Experimental Assessment of the Fire Resistance Mechanisms of Timber–Steel Composites. Materials 12, 4003.

- Mena, J.; Vera, S.; Correal, J.F.; Lopez, M. 2012. Assessment of fire reaction and fire resistance of *Guadua angustifolia kunth* bamboo. *Constr. Build. Mater.* 27, 60–65.
- Mirski, R.; Kuliński, M.; Dziurka, D.; Thomas, M.; Antonowicz, R. 2021. Strength Properties of Structural Glulam Elements from Pine (*Pinus sylvestris* L.) Timber Reinforced in the Tensile Zone with Steel and Basalt Rods. *Materials* 14, 2574.
- Mirski, R.; Kuliński, M.; Kawalerczyk, J.; Walkiewicz, J.; Czarnecki, R. 2023. The Effect of Storage Conditions on the Strength Characteristic of Glulam Beams. *Forests* 14, 897. <https://doi.org/10.3390/f14050897>
- Muraleedharan, A.; Reiterer, S.M. 2016. Combined Glued Laminated Timber Using Hardwood and Softwood Lamellas. Master's Thesis, Linnaeus University, Växjö, Sweden, p. 55.
- Ni, Z.P.; Qiu, P.F. 2012. Experimental Study on Fire Resistance Performance of Glulam Beams. *Appl. Mech. Mater.* 193, 539–543.
- Ong, C. 2015. Glue-Laminated Timber (Glulam). In *Wood Composites*; Ansell, M.P., Ed.; Woodhead Publishing Series in Composites Science and Engineering; Amsterdam, The Netherlands, pp. 123–140.
- Ohmura, W.; Yamamoto, K.; Ido, H.; Nagao, H.; Kato, H.; Momohara, I.; Matsunaga, H.; Miyatake, A.; Kodate, Y. 2006. Change in Durability of Glued Laminated Timber under Accelerated Decay Conditions and Compression Strength Perpendicular to the Grain after Decay. *Wood Ind.* 61, 446–451. Rhude,
- Östman, B.A.L. Tsantaridis, L.D. 1995. Heat release and classification of fire retardant wood products. *Fire Mater.* , 19, 253–258. [
- Peker, H., ve Atılğan, A. (2015). Doğal Bir Enerji Kaynağı Odun: Yanma Özelliği ve Koruma Yöntemleri. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 15(2), 1-12.
- Romani, M. 2001. Design model for FRP reinforced glulam beams. International council for research and innovation in building and construction working. Page: 10.
- Schaffer, E.L. 1968 Forest Products Laboratory (U.S.). A Simplified Test for Adhesive Behavior in Wood Sections Exposed to Fire; Forest Products Laboratory: Madison, WI, USA.
- Rhude, A.J. 1996. Structural glued laminated timber: history of its origins and early development. *Forest Products Journal* 46(1): 15-22.
- Šernek, M.; Resnik, J.; Kamke, F.A., 1999: Penetration of liquid urea-formaldehyde adhesive into beech wood. *Wood and Fiber Science*, V. 31(1).

- Sikora, K.S., McPolin, D.O., Harte, A.M. (2016). Effects of the thickness of cross-laminated timber (CLT) panels made from Irish Sitka spruce on mechanical performance in bending and shear. *Construction and Building Materials*, 116:141-150.
- Smulski. S. 1997. *Engineered Wood Products: A guide for specifiers, designers and users*. PFS Research Foundation,
- URL-1. <https://nzwoodproducts.co.nz/products/type/glue-laminated-timber/> son erişim tarihi: 25.09.2024
- URL-2. SW-GLH1-240307.pdf (woodcampus.co.uk) son erişim tarihi: 25.09.2024
- URL-3. Exploring the Fire Resistance of Glue-Laminated Timber (Glulam)-Glulam Experts son erişim tarihi: 25.09.2024.
- URL-4. <https://northerntradition.wordpress.com/2018/06/11/the-largest-wooden-dome-in-the-world/> son erişim tarihi: 30.10.2024.
- URL-5. HoHo Wien – HoHo Wien steht für die ANDERE Gewerbefläche – für arbeiten, kaufen, konsumieren, mit Stil. Auf 24 Stockwerken erstrecken sich Gewerbeflächen für son erişim tarihi: 30.10.2024.
- URL-6. <https://www.apawood.org/bridges> son erişim tarihi: 30.10.2024.
- URL-7. <https://www.arkiv.com.tr/proje/tramvay-izmir-karantina-duragi-ust-ortuleri/11379> son erişim tarihi: 30.10.2024.
- Yeh, B., Gagnon, S., Williamson, T., Pirvu, C., Lum, C., Kretschmann, D. (2009). The North American productstandard for cross-laminated timber. *Wood Design Focus*, 22(2), pp. 13-21.
- Yörür, H. (2007). *Islak Mekanlarda Ahşap Tutkallarının Yapışma Mukavementlerinin Belirlenmesi*, Bilim Uzmanlık Tezi, Karaelmas Üniversitesi, Zonguldak
- Yüncüler, M. 2019. *TS 647 Ve Avrupa Ahşap Yapı Standardı Eurocode 5'in Örneklerle Karşılaştırılması*. Yüksek Lisans Tezi. Bilecik Şeyh Edebali üni FBE.
- Xu, Q.; Chen, L.; Harries, K.A.; Zhang, F.; Liu, Q.; Feng, J. 2015. Combustion and charring properties of five common constructional wood species from cone calorimeter tests. *Constr. Build. Mater.* 96, 416–427.