

ISVOS JOURNAL

INTERNATIONAL



**SCIENTIFIC
AND
VOCATIONAL
STUDIES
JOURNAL**

TOPICS

Engineering

Science

Maths

Health

ISSN: 2618-5938

EDİTÖR LİSTESİ / LIST OF EDITORS

EDİTÖR / EDITOR

Umut SARAY / Gaziosmanpaşa University

YARDIMCI EDİTÖRLER / ASSOCIATE EDITORS

Tolga YÜCEHAN / Afyon Kocatepe University

Canan BAŞLAK / Selçuk University

Munise Didem DEMİRBAŞ / Erciyes University

EDİTÖR KURULU / MEMBER OF EDITORS

<i>PhD. Cem Cüneyt ERSANLI</i>	<i>Sinop University</i>
<i>PhD. Mevlida OPERTA</i>	<i>International Saraybosna University</i>
<i>PhD. Özgür ALPARSLAN</i>	<i>Gaziosmanpaşa University</i>
<i>PhD. Özlem TOPRAK</i>	<i>Gaziosmanpaşa University</i>
<i>PhD. Fatih POLAT</i>	<i>Gaziosmanpaşa University</i>
<i>PhD. Özlem AFACAN</i>	<i>Kırşehir Ahi Evran University</i>
<i>PhD. Munise Didem DEMİRBAŞ</i>	<i>Erciyes University</i>
<i>PhD. Canan BAŞLAK</i>	<i>Selçuk University</i>
<i>PhD. Uğur ÇAVDAR</i>	<i>İzmir Demokrasi University</i>
<i>PhD. Neslihan ÖZBEK</i>	<i>Kırşehir Ahi Evran University</i>

<i>PhD. Alper BİDECİ</i>	<i>Düzce University</i>
<i>PhD. Elif Tezel ERSANLI</i>	<i>Sinop University</i>
<i>PhD. Aydın KESKİNRÜZGAR</i>	<i>Adıyaman University</i>
<i>PhD. Nermin KAHVECİ</i>	<i>Kırıkkale University</i>
<i>PhD. Bilal ŞENOL</i>	<i>İnönü University</i>
<i>PhD. Recep EKİCİ</i>	<i>Erciyes University</i>
<i>PhD. Cem EMEKSİZ</i>	<i>Gaziosmanpasa University</i>
<i>PhD. Ahmet TOLUNAY</i>	<i>Isparta University of Applied Sciences</i>
<i>PhD. Oktay ERDOĞAN</i>	<i>Pamukkale University</i>
<i>PhD. Dilek AYDEMİR</i>	<i>Gaziosmanpasa University</i>
<i>PhD. Arzu AY</i>	<i>Trakya University</i>
<i>PhD. Altuğ ÇAĞATAY</i>	<i>Tokat Gaziosmanpasa University</i>
<i>PhD. Samed İNYURT</i>	<i>Tokat Gaziosmanpasa University</i>

A Tabu Search Algorithm for an Excavator Scheduling Problem

Elifcan Göçmen^{a,1}, Onur Derse^b

^a Department of Industrial Engineering, Faculty of Engineering, Munzur University, Tunceli, TURKEY,
ORCID ID: 0000-0002-0316-281X

^b Department of Management and Organization, Logistics, Tarsus University, Adana, TURKEY,
ORCID ID: 0000-0002-4528-1999

Abstract

Global sector prompts the construction firms to give a priority to time and cost factors. Thus, scheduling of the jobs is focal important to achieve cost and time objectives. Scheduling problems have gained a great importance in recent years in the construction sector. We have examined a single machine scheduling problem for an excavator used in the construction sector. There are some jobs in which each job has a normal processing time, a due date, earliness penalty and tardiness penalty. This paper presents a meta-heuristic optimization algorithm named Tabu Search (TS) to minimize the total cost and provides how it can be used to solve a wide variety of single machine scheduling problems. Computational results demonstrates that the proposed approach is a good tool for these problems.

Keywords: “Tabu search, single machine scheduling problem, excavator, construction sector”

1. Introduction

Construction sector requires taking complex decisions by considering time and cost. Managing these decisions properly is related with effective planning and scheduling steps. The planning step is generally to determine the resource types. Scheduling step consists of a collection of jobs which are to be scheduled sharing limited resources. The aim of the scheduling problem is to complete all the activities of the jobs satisfying time and cost constraints. Single-machine scheduling problems are very common in practice [1]. The scheduling of a certain number of jobs on a single machine has gained importance for theoretical and practical reasons. In the single machine scheduling problems, the timing and end dates of work are handled in a single machine, in which the business processes can be controlled by the allocation of a common resource and the non-linear problems of the process. The aim is to ensure optimal resource allocation so that all works can be completed, deadlines and the total resource consumption can be minimized [2].

There are many real-world situations involving a single resource used for accomplishing several tasks. Construction sector is a good area to apply the single machine scheduling problems. Construction projects need to finish the various tasks considering due dates. Optimization algorithms have been used widely in the last 20 years [3] and new evolution-inspired algorithms for optimization have been developed [4]. In this paper, we develop a Tabu search-based solution procedure designed for an excavator machine scheduling including several tasks.

The Tabu search begins by local minima. To avoid repeating the steps used, the method records recent moves in one or more tabu lists by tabu search memory. The role of the memory is defined by the algorithm. Some related problems have been studied and are described in the following literature review. The authors studied the one machine scheduling problem with release dates, deadlines, the possibility to reject some jobs, and sequence dependant setup times. The objective is to maximize the revenue, which is the sum of the gains associated with each performed job minus a weighted tardiness penalty. This problem differs from (P) by the fact that setup costs are not taken into account, and in (P) we consider general cost functions. The authors propose a MILP (mixed integer linear programming) formulation for the problem, which is able to solve instances with up to 15 jobs, as well as different heuristics [5].

Local search methods are often effective for scheduling problems. Several neighbourhood structures are studied to solve the single machine scheduling problem to minimize the sum of delay and setup costs. The neighbourhood Reinsert consists taking a job in the schedule and moving it to another position. The neighbourhood Swap consists of swapping two jobs in the schedule.

¹ Corresponding author. Tel.: +0-000-000-0000 ; fax: +0-000-000-0000 .
E-mail address: elifcangocmen@munzur.edu.tr

They conclude that Reinsert is better than Swap, but that using an Hybrid neighbourhood yields better results. Hybrid is the union of Swap and Reinsert [6].

There are many studies dealing with the scheduling problem for a single machine. Two mixed binary integer programming models are proposed that could handle 9 and 10 jobs, respectively, to solve this problem and minimize the average flow time [7-8]. The problem of programming jobs with setup times in a single machine is addressed to minimize the maximum delay. To solve this problem, they developed a new integer programming formulation [9]. The simulation annealing algorithm is developed and compared it to the mathematical model results in order to complete the works in minimum time, to have a minimum of delay times and to make the completion of the works in the best time [10]. A mathematical model and heuristic algorithm in the single machine scheduling problem is presented [11].

A two-layered algorithm is proposed based on the tabu search algorithm in their work. The result of the calculation shows that when the results obtained are compared, the algorithm can produce optimal or near optimal solution for large problems in an acceptable calculation period [2]. There are other studies dealing with the single machine scheduling problem with heuristic algorithms. A single machine scheduling problem is provided that aims to minimize flexible availability and minimize total completion time [12]. Tabu search approach is focused since it has a single machine problem with several hundred jobs and many families and it is difficult to solve this problem [13]. A single heuristic algorithm that includes artificial bee colony algorithm was used in the problems of the table examined as delayed penalties. The aim is to minimize the sum of delay penalties [14]. A taboo algorithm was used to provide optimal results for grouping and sorting jobs in a single machine environment [15]. A single machine scheduling problem is examined for the most appropriate workflow that made a minimum cost [16]. The single machine schedule problem is investigated with intuitive algorithm by considering the costs of waiting and late [17]. In addition, A single machine scheduling problem is handled with an intuitive algorithm [18-22]. The single machine scheduling problem is interested with the possibility of not performing some jobs. A global deadline is given and jobs cannot be scheduled after it. Moreover, the processing time of each job can be reduced by a compression. The objective function to maximize is the profit of each performed job minus compression costs and tardiness costs. After having introduced a timing algorithm for the problem permitting to find, given a sequence of jobs, the optimal processing time of each job, they introduced two heuristics for the problem. The first heuristic is a GRASP algorithm where a schedule is built by a randomized dispatching rule, then the compression level of each job is obtained by applying the timing algorithm. The second heuristic is an approximation algorithm obtained by the adaptation of an algorithm for the intervals selection problem [23].

2. Material- Method

This paper introduces an algorithm for the single-machine total weighted earliness–tardiness scheduling problem. N jobs (job 1, . . . , job n) are to be processed on a single machine that can process at most one job at a time. No pre-emption is allowed and once the machine starts processing a job, it cannot be interrupted. After the machine finishes processing a job, it can be idle even when there exist unprocessed jobs. Each job j is given a processing time C_j , due date d_j and release date B_j , where $d_j \geq B_j + C_j$. It is also given a tardiness weight α_j and a earliness weight β_j , a unit cost of idle time γ , *idle time before initializing of j job* W_j . The earliness E_i and the tardiness T_i are defined by $E_i = \max(d_j - C_j - B_j, 0)$, $T_i = \max(C_i - d_j + B_j, 0)$. Our objective is to find a schedule that minimizes total cost, $(\alpha_j T_j + \beta_j E_j + \gamma W_j)$.

We can give an example for our approach in Table 1. The vector B has start dates (days) of orders. On vector each index indicates the days, the value on the each index also indicates which order is being operated. For example, $B_2=0$; 0.order's processing was begun in the second day. $B_i=-1$ means that in the i .day, no order was begun for processing, but it doesn't mean in the i . day the machine was idle. $C_0=2$ means that 0, order's processing begins in the second day and finishes in the third day. So, $B_3=-1$ shows that in the third day the machine still works.

Table 1. Example of B vector for 5 days and two orders

i	0	1	2	3	4
B_i	-1	-1	0	-1	1

$W_i = \max\{0, \text{initializing day of the order } i - \text{initializing day of the before } i. \text{ order} - \text{the processing time of the order before order } i\}$

For example; $W_0 = \max\{0, 2 - 0 - 0\} = 2$ (idle time)

The dimension of the B vector is the sum of processing times of all orders and it is symbolized with the *numday* variable.

$$numday = \begin{cases} \sum_{i \in j} C_i < \max\{d_0, \dots, d_{j-1}\} = \max\{d_0, \dots, d_{j-1}\} \\ \sum_{i \in j} C_i > \max\{d_0, \dots, d_{j-1}\} = \sum_{i \in j} C_i \end{cases}$$

The machine can't operate the two orders in the same time. A variable called *overlap* is used. If this variable is 0, it means that in the same time two orders aren't being operating. Otherwise, the variable will have the value 1.

Overlap function;

the initializing day of the order before existing order+ the processing time of the order before existing order > the initializing day of the existing order = 1

the initializing day of the order before existing order+ the processing time of the order before existing order ≤ the initializing day of the existing order = 0

In this paper one tabu structure is used which is used for showing of tabu moves. Tabu search algorithm is applied to the excavator scheduling problem. The flow chart of the problem is shown in Figure 1.

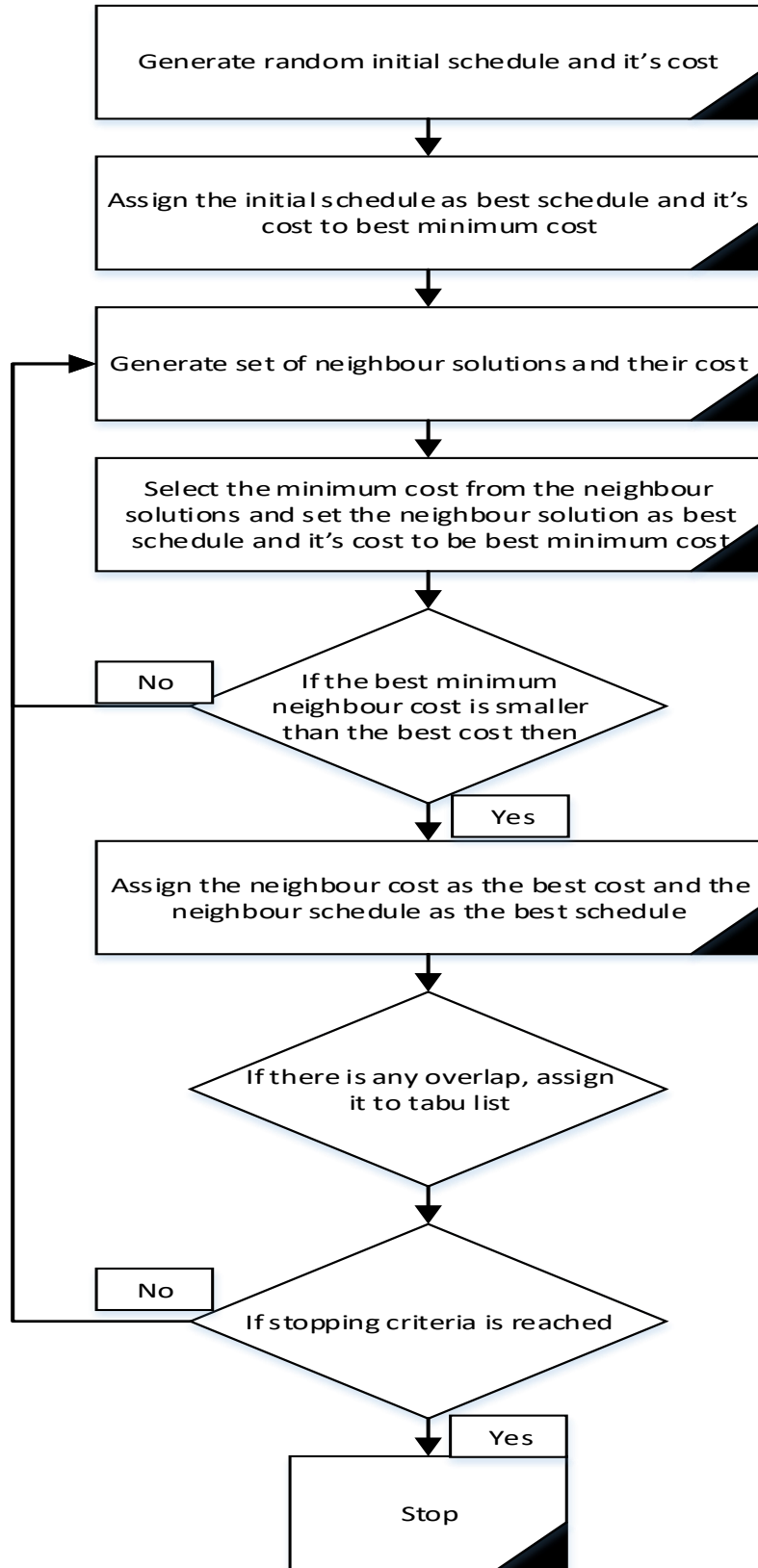


Figure 1. Flowchart of the proposed tabu search algorithm

3. Results

In our algorithm one tabu list is used in the tabu search. The overlaps for each iteration are forbidden for the next determined number of iteration which is five in our algorithm. Each iteration a number of neighbour solution is evaluated and attend of each iteration if the best neighbour solution is better than the best solution, it is assigned to be new best solution. The stopping criteria is that if a new better result is not generated in the last determined number of iteration or it is reached to number of iteration then the algorithm will be stopped. For this purpose the iteration number is given as 1200, in each iteration 400 neighbour solution is evaluated and 100 iteration is determined as stopping criteria.

When the search finished, the best cost was obtained as 76.66 at the iteration number 878. The resulting schedule doesn't contain any overlap.

In Table 2, job schedules are illustrated. Since each job was not completed by due date, tardiness and earliness penalty costs were assigned. The change in the evaluated costs is illustrated in Figure 2. The total cost is decreased by the iteration number.

Table 2. The results of the job sequences

Job sequence	Due date	Processing time	Tardiness cost	Earliness cost
0	1	1	8.61	1.01
1	28	4	3.19	0.81
2	38	3	0.82	2.37
3	8	4	0.50	1.47
4	92	2	7.75	1.64
5	70	4	7.18	1.53
6	17	2	4.66	1.23
7	83	2	4.82	0.75
8	88	2	7.73	4.88
9	50	5	8.27	0.10
10	15	2	5.01	0.11
11	60	1	7.74	3.25
12	77	4	5.58	1.03
13	68	3	9.55	3.22
14	100	2	6.76	1.48
15	10	4	4.95	4.41
16	51	3	9.53	3.42
17	35	1	7.05	4.94
18	78	4	1.98	0.72
19	91	4	5.89	4.32

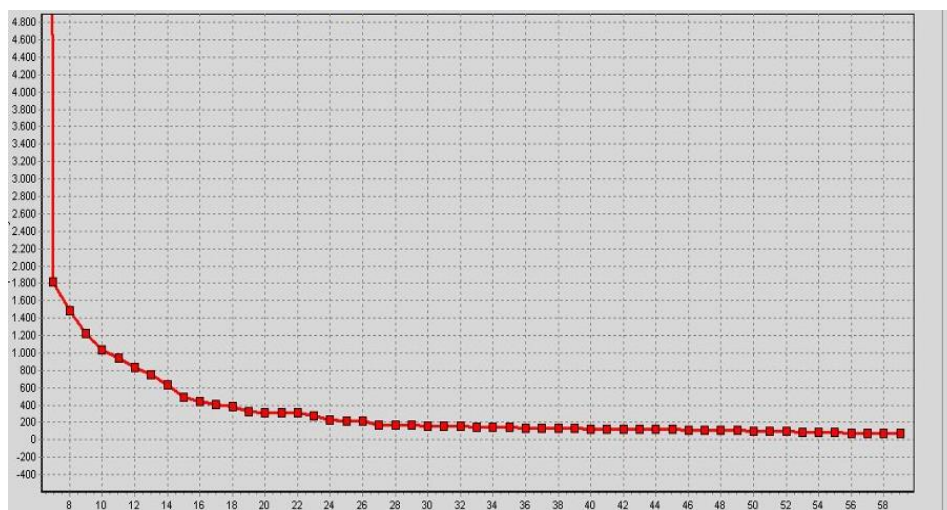


Figure 2. The change in the evaluated costs

The source code of the software is given in Appendix.

4. Conclusion

Time and cost are important parameters for the construction firms. All tasks must be finished considering due dates and customer demands. Therefore, machine, personnel and the other resources should be scheduled. Scheduling problems have been studied at the construction sector by both of the academics and practitioners. We investigated the single machine called “excavator” scheduling problem used in the construction sector. The jobs assigned to the excavator considering normal processing time, a due date, earliness penalty and tardiness penalty were scheduled. A meta-heuristic optimization algorithm, TS was provided to minimize the total cost. Total cost is decreased by our algorithm and we gave insights for the other scheduling problems. For further works, larger problems including multi machines could be solved by hybrid heuristic approaches.

References

- [1] M. Ben-daya and M. Al-Fawzan, “An efficient Tabu search algorithm for the single machine mean tardiness problem”. *Production Planning and Control*, vol. 8, no. 7, 1997.
- [2] K. Xu, Z. Feng, and K. Jun, “A tabu-search algorithm for scheduling jobs with controllable processing times on a single machine to meet due-dates”, *Computers & Operations Research*, vol. 37, no. 11, pp. 1924–1938, 2010.
- [3] V. Ateş, and N. Barışçı, “Short-term load forecasting model using flower pollination algorithm”, *International Scientific and Vocational Studies Journal*, vol. 1, no. 1, pp. 22-29, 2017.
- [4] İ. B. Koç, A. Al Janadi, and V. Ateş, “Interlock optimization of an accelerator using genetic algorithm”, *International Scientific and Vocational Studies Journal*, vol. 1, no. 1, pp. 30-41, 2017.
- [5] C. Oguz, F. Salman, and Z. Yalçın, “Order acceptance and scheduling decisions in make-to-order systems”, *International Journal of Production Economics*, vol. 125, pp. 200–211, 2010.
- [6] M. Laguna, J. W. Barnes, and F. Glover, “Tabu search methods for a single machine scheduling problem”, *Journal of Intelligent Manufacturing*, vol. 2, pp. 63–74, 1991.
- [7] J. S. Chen, “Using integer programming to solve the machine scheduling problem with a flexible maintenance activity”, *Journal of Statistics and Management Systems*, vol. 9, no. 1, pp. 87–104, 2006.
- [8] J. S. Chen, “Optimization models for the machine scheduling problem with a single flexible maintenance activity”, *Engineering Optimization*, vol. 38, no. 1, 53–71, 2006.
- [9] O. Hinder, and A. J. Mason, “A novel integer programming formulation for scheduling with family setup times on a single machine to minimize maximum lateness”, *European Journal of Operational Research*, vol. 262, no. 2, pp. 411-423, 2017.
- [10] A. Ghodrathnama, M. Rabbani, R. Tavakkoli-Moghaddam, and A. Baboli, “Solving a single-machine scheduling problem with maintenance, job deterioration and learning effect by simulated annealing”, *Journal of Manufacturing Systems*, vol 29, no. 1, pp. 1-9, 2010.
- [11] V. Kayvanfar, I. Mahdavi, G.M. Komaki, “Single machine scheduling with controllable processing times to minimize total tardiness and earliness”, *Computers & Industrial Engineering*, vol. 65, no. 1, pp. 166-175, 2013.
- [12] I. Adiri, J. Bruno, E. Frostig, A. H. G. Rinnooy Kan, “Single machine flow time scheduling with a single breakdown”, *Acta Informatica*, vol. 26, no. 7, pp. 679–696, 1989.
- [13] F. Jin, J. N. Gupta, S. Song, C. Wu, “Single machine scheduling with sequence-dependent family setups to minimize maximum lateness”, *Journal of the Operational Research Society*, vol. 61, no. 7, pp. 1181-1189, 2010.
- [14] A. Yurtkuran and E. Emel, “A discrete artificial bee colony algorithm for single machine scheduling problems”, *International Journal of Production Research*, vol. 54, no. 22, pp. 6860-6878, 2016.
- [15] Y. Suppiah, and M. K. Omar, “A hybrid tabu search for batching and sequencing decisions in a single machine environment”, *Computers & Industrial Engineering*, vol. 78, pp. 135-147, 2014.

- [16] M. T. Almeida, and M. Centeno, “A composite heuristic for the single machine early/tardy job scheduling problem”, *Computers & Operations Research*, vol. 25, no. 7-8, pp. 625–635, 1998.
- [17] J. M. S Valente, and R. A. F. S. Alves, “Heuristics for The Single Machine Scheduling Problem with Quadratic Earliness and Tardiness Penalties”, *Computers & Operational Research*, vol. 35, pp. 3696–3713, 2008.
- [18] F. Della Croce, and V. T'kindt, “A recovering beam search algorithm for the one-machine dynamic total completion time scheduling problem”, *Journal of the Operational Research Society*, vol. 53, no. 11, pp. 1275-1280, 2002.
- [19] A. Jouglet, D. Savourey, J. Carlier, and P. Baptiste, “Dominance-based heuristics for one-machine total cost scheduling problems”, *European Journal of Operational Research*, vol. 184, no. 3, pp. 879-899, 2008.
- [20] M. Vila, and J. Pereira, “Exact and heuristic procedures for single machine scheduling with quadratic earliness and tardiness penalties”, *Computers & Operations Research*, vol. 40, no. 7, pp. 1819-1828, 2013.
- [21] F. Della Croce, F. Salassa, and V. T'kindt, “ A hybrid heuristic approach for single machine scheduling with release times”, *Computers & Operations Research*, vol. 45, pp. 7-11, 2014.
- [22] R. M'Hallah, and A. Alhajraf, “Ant colony systems for the single-machine total weighted earliness tardiness scheduling problem”, *Journal of Scheduling*, vol. 19, no. 2, pp. 191-205, 2016.
- [23] B. Yang, J. Geunes, and W. J. O'Brien, “A heuristic approach for minimizing weighted tardiness and overtime costs in single resource scheduling”, *Computers & Operations Research*, vol. 31, no. 8, pp. 1273-1301, 2004.

Appendix

The initialization of the tabu search algorithm:

```

procedure TForm1.Button1Click(Sender: TObject);
var
i,r: integer;
begin
SetLength(j,MemoJ.Lines.Count);
SetLength(d,MemoD.Lines.Count);
SetLength(c,MemoC.Lines.Count);
SetLength(alfa,MemoAlfa.Lines.Count);
SetLength(e,MemoE.Lines.Count);
for i:=0 to MemoJ.Lines.Count-1 do
begin
j[i]:=StrToInt(MemoJ.Lines[i]);
d[i]:=StrToInt(MemoD.Lines[i]);
c[i]:=StrToInt(MemoC.Lines[i]);
alfa[i]:=StrToFloat(MemoAlfa.Lines[i]);
e[i]:=StrToFloat(MemoE.Lines[i]);
end;
gunsay:=0;
sayac:=0;
for i:=0 to MemoJ.Lines.Count-1 do
begin
gunsay:=gunsay+c[i];
if sayac<d[i] then
sayac:=d[i];
end;
if sayac>gunsay then
gunsay:=sayac;
//ShowMessage(IntToStr(gunsay));
MemoEE.Lines.Clear;
MemoAA.Lines.Clear;
MemoCC.Lines.Clear;
MemoDD.Lines.Clear;

```

```

MemoJJ.Lines.Clear;
PageControl1.ActivePageIndex:=1;
for i:=0 to MemoJ.Lines.Count-1 do
begin
MemoEE.Lines.Add(MemoE.Lines[i]);
MemoAA.Lines.Add(MemoAlfa.Lines[i]);
MemoCC.Lines.Add(MemoC.Lines[i]);
MemoDD.Lines.Add(MemoD.Lines[i]);
MemoJJ.Lines.Add(MemoJ.Lines[i]);
Application.ProcessMessages;
end;
SGisCizelge.ColCount:=gunsay;
tvy1.ColCount:=gunsay;
tvy1.RowCount:= MemoJ.Lines.Count;
for i:=0 to tvy1.ColCount-1 do
for r:=0 to tvy1.RowCount-1 do
tvy1.Cells[i,r]:='0';
for i:=0 to gunsay-1 do
begin
SGisCizelge.Cells[i,0]:=IntToStr(i);
SGisCizelge.Cells[i,1]:='-1';
end;
while MemoJJ.Lines.Count<>0 do
begin
Randomize;
r:= RandomRange(0,gunsay-1);
if SGisCizelge.Cells[r,1]='-1' then
begin
SGisCizelge.Cells[r,1]:=MemoJJ.Lines[0];
MemoJJ.Lines.Delete(0);
end;
Application.ProcessMessages;
end;
for i:=0 to MemoJ.Lines.Count-1 do
begin
MemoJJ.Lines.Add(MemoJ.Lines[i]);
Application.ProcessMessages;
end;
SGisSirasi.ColCount:=MemoJ.Lines.Count;
r:=0;
for i:=0 to gunsay-1 do
if SGisCizelge.Cells[i,1]<>'1' then
begin
SGisSirasi.Cells[r,0]:=IntToStr(r);
SGisSirasi.Cells[r,1]:=IntToStr(i);
SGisSirasi.Cells[r,2]:=SGisCizelge.Cells[i,1];
r:=r+1;
end;
TotalCost:=0;
for i:=0 to SGisSirasi.ColCount-1 do
TotalCost:=TotalCost+cost(i);
SetLength(best_schedule,gunsay);

TabuSearch;
end;
Cost calculation for each job is given as:
function TForm1.cost(isno: integer): real;
var
OncekiGun,SimdikiGun,SonrakiGun: integer;
OncekiISno,SimdikiISno,SonrakiISno: integer;
i,r: integer;
ustuste: integer;
Tardiness, Earliness,IdleTime: integer;

```

```

begin
for i:=0 to SGisSirasi.ColCount-1 do
  if StrToInt(SGisSirasi.Cells[i,2])=isno then
    begin
      r:=i;
      SimdikiGun:=StrToInt(SGisSirasi.Cells[i,1]);
      SimdikiISno:=isno;
      end;
  if r<>0 then
    begin
      OncekiGun:=StrToInt(SGisSirasi.Cells[r-1,1]);
      OncekiISno:=StrToInt(SGisSirasi.Cells[r-1,2]);
      end;
  if r<>SGisSirasi.ColCount-1 then
    begin
      SonrakiGun:=StrToInt(SGisSirasi.Cells[r+1,1]);
      SonrakiISno:=StrToInt(SGisSirasi.Cells[r+1,2]);
      end;
  ustuste:=0;
  if r<>0 then
    begin
      if OncekiGun+StrToInt(MemoC.Lines[OncekiISno])>SimdikiGun then
        begin
          ustuste:=100000;
          if tvy1.Cells[SimdikiGun,isno]='0' then
            tvy1.Cells[SimdikiGun,isno]:=inttostr(5);
          end
        else
          ustuste:=0;
        end;
      Tardiness:=Max(0,SimdikiGun+StrToInt(MemoC.Lines[SimdikiISno])-StrToInt(MemoD.Lines[SimdikiISno]));
      Earliness:=max(0,StrToInt(MemoD.Lines[SimdikiISno])-SimdikiGun-StrToInt(MemoC.Lines[SimdikiISno]));
      if r<>0 then
        IdleTime:=Max(0,SimdikiGun-OncekiGun-StrToInt(MemoC.Lines[SimdikiISno]))
      else
        Idle Time:=0;
      Result:=StrToFloat(MemoAlfa.Lines[SimdikiISno])*Tardiness+StrToFloat(MemoE.Lines[SimdikiISno])*Earliness+1*IdleT
ime+ustuste;
    end;
end;

```

The tabu search algorithm is given as:

```

procedure TForm1.TabuArama;
var
i,j,r,temp: integer;
a,b: integer;
itersay, iterfark, adaysay: integer;
gun1, gun2: integer;
tempsira:real;
begin
for i:=0 to gunsay-1 do
  eniyi_cizelge[i]:=StrToInt(SGisCizelge.Cells[i,1]);
eniyi_Cost:=ToplamCost;
for i:=0 to SGAdaylar.RowCount do
  begin
    SGAdaylar.Cells[0,i]:= "";
    SGAdaylar.Cells[1,i]:= "";
    SGAdaylar.Cells[2,i]:= "";
  end;
for i:=0 to SGCost.RowCount do
  SGCost.Cells[0,i]:= "";
SGCost.RowCount:=StrToInt(IterSayisi.Text);
SGAdaylar.RowCount:=StrToInt(AdaySayisi.Text);
SGGunler.RowCount:=StrToInt(AdaySayisi.Text);

```

```

SGCost.Cells[0,0]:=FloatToStr(ToplamCost);
itersay:=0;
iterfark:=0;
while (itersay=StrToInt(IterSayisi.Text)) or (iterfark<StrToInt(Edit1.Text)) do
//for itersay:=1 to StrToInt(IterSayisi.Text) do
  begin
itersay:=itersay+1;
  adaysay:=0;
  while adaysay<>StrToInt(AdaySayisi.Text) do
    begin
      Randomize;
      gun1:=RandomRange(0,gunsay-1);
      Randomize;
      gun2:=RandomRange(0,gunsay-1);
      Application.ProcessMessages;
      if (gun1<>gun2) and (SGisCizelge.Cells[gun1,1]<>SGisCizelge.Cells[gun2,1]) and (TabuCheck(gun1,gun2)=true) then
        begin
          SGAdaylar.Cells[0,adaysay]:=SGisCizelge.Cells[gun1,1];
          SGAdaylar.Cells[1,adaysay]:=SGisCizelge.Cells[gun2,1];
          SGGunler.Cells[0,adaysay]:=IntToStr(gun1);
          SGGunler.Cells[1,adaysay]:=IntToStr(gun2);
          Application.ProcessMessages;
          temp:=StrToInt(SGisCizelge.Cells[gun1,1]);
          SGisCizelge.Cells[gun1,1]:=SGisCizelge.Cells[gun2,1];
          SGisCizelge.Cells[gun2,1]:=IntToStr(temp);
          SGisSirasi.ColCount:=MemoJ.Lines.Count;
          r:=0;
          for i:=0 to gunsay-1 do
            if SGisCizelge.Cells[i,1]<>'-1' then
              begin
                SGisSirasi.Cells[r,0]:=IntToStr(r);
                SGisSirasi.Cells[r,1]:=IntToStr(i);
                SGisSirasi.Cells[r,2]:=SGisCizelge.Cells[i,1];
                r:=r+1;
              end;
          ToplamCost:=0;
          for i:=0 to SGisSirasi.ColCount-1 do
            begin
              ToplamCost:=ToplamCost+cost(StrToInt(SGisSirasi.Cells[i,2]));
            end;
          SGAdaylar.Cells[2,adaysay]:=FloatToStr(ToplamCost);
          Application.ProcessMessages;
          temp:=StrToInt(SGisCizelge.Cells[gun1,1]);
          SGisCizelge.Cells[gun1,1]:=SGisCizelge.Cells[gun2,1];
          SGisCizelge.Cells[gun2,1]:=IntToStr(temp);
          SGisSirasi.ColCount:=MemoJ.Lines.Count;
          r:=0;
          for i:=0 to gunsay-1 do
            if SGisCizelge.Cells[i,1]<>'-1' then
              begin
                SGisSirasi.Cells[r,0]:=IntToStr(r);
                SGisSirasi.Cells[r,1]:=IntToStr(i);
                SGisSirasi.Cells[r,2]:=SGisCizelge.Cells[i,1];
                r:=r+1;
              end;
          adaysay:=adaysay+1;
          end; // if (gun1<>gun2) and ...
        end;
      Application.ProcessMessages;
      for a:=0 to adaysay-2 do
        for b:=a+1 to adaysay-1 do
          if StrToFloat(SGAdaylar.Cells[2,b])<StrToFloat(SGAdaylar.Cells[2,a]) then
            begin

```

```

    tempsira:=StrToFloat(SGAdaylar.Cells[2,b]);
    SGAdaylar.Cells[2,b]:=SGAdaylar.Cells[2,a];
    SGAdaylar.Cells[2,a]:=FloatToStr(tempsira);
    tempsira:=StrToFloat(SGAdaylar.Cells[1,b]);
    SGAdaylar.Cells[1,b]:=SGAdaylar.Cells[1,a];
    SGAdaylar.Cells[1,a]:=FloatToStr(tempsira);
    tempsira:=StrToFloat(SGAdaylar.Cells[0,b]);
    SGAdaylar.Cells[0,b]:=SGAdaylar.Cells[0,a];
    SGAdaylar.Cells[0,a]:=FloatToStr(tempsira);
    tempsira:=StrToFloat(SGGunler.Cells[0,b]);
    SGGunler.Cells[0,b]:=SGGunler.Cells[0,a];
    SGGunler.Cells[0,a]:=FloatToStr(tempsira);
    tempsira:=StrToFloat(SGGunler.Cells[1,b]);
    SGGunler.Cells[1,b]:=SGGunler.Cells[1,a];
    SGGunler.Cells[1,a]:=FloatToStr(tempsira);
    Application.ProcessMessages;
end;
iterfark:=iterfark+1;
if StrToFloat(SGAdaylar.Cells[2,0])<eniye_Cost then
begin
    eniye_Cost:=StrToFloat(SGAdaylar.Cells[2,0]);
    iterfark:=1;
    temp:=StrToInt(SGisCizelge.Cells[strtoint(SGGunler.Cells[0,0]),1]);
    SGisCizelge.Cells[strtoint(SGGunler.Cells[0,0]),1]:=SGisCizelge.Cells[strtoint(SGGunler.Cells[1,0]),1];
    SGisCizelge.Cells[strtoint(SGGunler.Cells[1,0]),1]:=IntToStr(temp);
    for i:=0 to gunsay-1 do
        eniye_cizelge[i]:=StrToInt(SGisCizelge.Cells[i,1]);
    i:=0;
    while SGCost.Cells[0,i]<>" do
        i:=i+1;
    SGCost.Cells[0,i]:=FloatToStr(eniye_Cost);
    if i>8 then SGCost.TopRow:=i-7;
    end;
    for i:=0 to tvy1.ColCount-1 do
        for r:=0 to tvy1.RowCount-1 do
            if strtoint(tvy1.Cells[i,r])>0 then
                tvy1.Cells[i,r]:= inttostr(strtoint(tvy1.Cells[i,r])-1);
Label22.Caption:='Costte son iyileşme '+ IntToStr(iterfark)+' iterasyon önce oldu.';
        end; //İterasyon döngüsü
    i:=0;
    while SGCost.Cells[0,i]<>" do
    begin
        Series1.Add(StrToFloat(SGCost.Cells[0,i]));
        i:=i+1;
    end;
end;
The tabu list check function is as follows:
function TForm1.TabuCheck(g1,g2: integer): boolean;
var
x,y: integer;
begin
Result:=true;
x:=strtoint(SGisCizelge.Cells[g2,1]);
y:=strtoint(SGisCizelge.Cells[g1,1]);
if x>-1 then
    if StrToInt(tvy1.Cells[g1,x])>0 then
        Result:=False;
if y>-1 then
    if StrToInt(tvy1.Cells[g2,y])>0 then
        Result:=False;

end;

```

ANN: Prediction of Heat Transfer and Flow Characteristics of a Tube with Modified Twisted Tapes

Aslı Durmuşoğlu ^{a,1}, Sibel Güneş ^b, Emrah Özaşır ^c

^a Hakkari Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Hakkari, 30000, Türkiye
ORCID ID: 0000-0002-2797-1304

^b Erciyes Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Kayseri, 38000, Türkiye
ORCID ID: 0000-0002-8962-3735

^c Erciyes Üniversitesi, Makine Mühendisliği Bölümü, Kayseri, 38000, Türkiye
ORCID ID: 0000-0003-3780-7644

Abstract

In this paper, we present an Artificial Neural Networks (ANNs) model which is prone to accurately estimate the friction factor and nusselt number of a tube with modified twisted tapes. Numerical analysis were realized using the tapes with six different rates of pitch length of twisted tape to inner diameter of tube ($y/D=3, 4, 5$) in a range of Reynolds number 8000 to 24000 under uniform heat flux conditions. The ANN model was improved and validated using a databank containing numerical datasets. The backpropagation algorithm is recognized to be the most extensive learning method for ANN. This algorithm is used for training and testing of the network. The results of the ANNs were demonstrated superior performance to adapt the numerical datas. Value of the coefficient of multiple determination were obtained. The R^2 values were found 0,9994 for nusselt number and 0,9995 for friction factor.

Keywords: “Heat transfer enhancement, fluid characteristics, ANN”

1. Giriş

Artan nüfus yoğunluğunu ve teknolojik gelişmeler ile birlikte tüketilen enerjinin miktarı artmış ve günümüz, insanları enerjiye daha bağımlı hale getirmiştir. Bununla birlikte enerjinin verimli kullanılmasına duyulan ihtiyaç kendiliğinden ortaya çıkmaktadır. Endüstrinin birçok alanında, ticari ve evsel uygulamaların birçoğunda enerjini dönüşümü, kullanımı ve geri kazanımı bir ısı değişim sürecini içerir. Bu süreç içerisinde ısı verim işletme maliyetleri düşürmek, enerji kazanımı sağlamak çevresel bozucu dış etkenleri düşürmek için ısı verim artırmak büyük önem taşımaktadır. Dolayısıyla bu durum ısı transferi iyileştirme konusunda yapılan çalışmaların artmasına sebep olmaktadır. Literatürdeki bazı çalışmalar aşağıda detaylandırılmıştır.

Enerjinin daha etkili ve verimli kullanılmasına, bugün için alternatif bir enerji kaynağı olarak yaklaşılmaktadır. Bu kapsamda endüstrinin her alanında kullanılan ısı değiştiricileri de, ısı transferini iyileştirmeye yönelik çalışmalarda enerji ekonomisi açısından dikkat çekmektedir. Isı transferini iyileştirmeye yönelik çalışmalar, pasif ve aktif yöntemler olarak iki grupta sınıflandırılmaktadır. Pasif iyileştirme yöntemlerinden dönmeli akış cihazları, genelde tek fazlı zorlanmış konveksiyona uygulansa da son yıllarda çift fazlı akışta da kullanılması için çalışmalar yapılmıştır. Bu cihazlara örnek olarak sargılı tüpler, vorteks üreticileri, kıvrılmış borular, bükülmüş şeritler verilebilir.

Zhang ve diğerleri [1], bir boru içerisine yerleştirilen helisel sarılmış şerit elemanların ısı transferi ve basınç düşümüne etkisini sayısal olarak incelenmiştir. Helisel şerit elemanlar dört farklı genişlikte ($w=7.5$ mm, 12 mm, 15 mm ve 20 mm) olup, sayısal analizler debinin 200 l/h-500 l/h değer aralığında gerçekleştirilmiştir. Çalışma neticesinde net ısı transferi iyileşme oranının 1.58-2.35 arasında değiştiği görülmüştür. Gül ve Evin [2] yaptıkları çalışmada, dairesel kesitli bir borunun girişine kısa helisel şerit elemanlar yerleştirerek, girişte girdap akımı yaratmak suretiyle, ısı transferi ve sürtünme karakteristiklerini deneysel olarak çalışmışlardır. Deneylerde, toplam ısı akısı 160 kg/m^2s -1628 kg/m^2s arasında ve momentum oranı 0-8.6 arasında değişmiştir. Reynolds aralığı ise 5000-30000 olarak belirlenmiştir. 30°, 45° ve 60°'lik helis açılımları sahip üç farklı helisel şerit kullanılmıştır. Isı transferindeki artışın momentum oranı ve Reynolds sayısının bir fonksiyonu olduğu belirlenmiştir. Helis kanal sayısının ve helis açısının ısı transferi üzerinde belirgin bir etkisinin olmadığı gözlenmiştir. Helisel şerit kullanımının ısı

¹ Sorumlu Yazar. Tel.: +0-000-000-0000 ; fax: +0-000-000-0000 .

E-posta adresi: aslidurmusoglu@hakkari.edu.tr

transfer oranını sabit pompalama gücünde Reynolds sayısına ve momentum oranına bağlı olarak % 20'ye kadar artmasına yardımcı olduğu görülmüştür.

Murugesan ve diğerleri [3], bir boru içerisine içerisine bükülmüş kare kesitler olan kıvrılmış şerit eleman ile kesik olmayan kıvrılmış şerit elemanlar yerleştirilerek, ısı transferi iyileştirilmesi ve basınç düşümüne etkisini deneysel olarak incelemiştir. Akışkan olarak su kullanılmıştır. Çalışma aralığı Reynolds sayısı 2000 ile 12000 yapılmıştır. Sonuçlara göre net ısı transfer iyileştirmesinin kare kesitli olan şerit elemanların, kesik olmayan kıvrılmış şerit elemanlara göre yüksek olduğu gözlemlenmiştir. Günes ve diğerleri [4], boş boru içerisine üçgen kesitli helisel sarılmış tellerin ısı transfer iyileştirmesi ve basınç düşümüne etkisini deneysel olarak incelemiştir. Çalışma boru cidarından ayrıklık mesafesine göre iki farklı mesafe, hatve oranlarına göre üç farklı hatve, uzunluk oranlarına göre iki farklı uzunluk oranı kullanarak deneyler gerçekleştirilmiştir. Yapılan incelemeler sonucunda 3858 Reynolds değerinde net iyileştirme oranı %36,5 elde edilmiştir. Kamali ve Binesh [5] ise yaptıkları çalışmada, kare kesitli bir kanalda ısı transfer iyileştirmesi ve sürtünmeyi sayısal olarak incelemek için farklı geometrilere sahip iç elemanlar ikili olarak kanala yerleştirmişlerdir. Üçgen, kare, yüksekliği akış yönünde artan yamuk ve yüksekliği akış yönünde azalan yamuk olmak üzere dört farklı geometri kullanılmıştır. Sonuçta yüksekliği akış yönünde azalan yamuğun diğerlerine göre daha iyi ısı transferi ve basınç düşümü sağladığı saptanmıştır.

Eiamsa-ard ve diğerleri [6], iç içe yerleştirilmiş iki tüp içerisine kalınlığı 1 mm ve uzunluğu 1500 mm olan paslanmaz şerit elemanlar yerleştirilerek deneysel çalışmalar yapmışlardır. Akışkan olarak soğuk ve sıcak su kullanılmıştır. Farklı hatveler ve farklı cidardan ayrıklıklarla yapılan deneyler sonucunda, hatveyle doğru orantılı olarak ısı transfer katsayısının arttığı gözlemlenmiştir. Sivashanmugan ve Nagarian [7] ise, dairesel bir tüp içerisine yerleştirilen sağ sol kıvrımlı helisel şerit elemanları kullanarak deneysel olarak ısı transferi ve sürtünme üzerine etkilerini incelemiştir. Sonuç olarak, sağ sol kıvrımlı helisel şerit elemanların ısı transferi iyileştirilmesi açısından düz sarımlı helisel elemanlara oranla daha etkili olduğu gözlemlenmiştir.

Yapay sinir ağı (YSA), zaman alıcı ve yinelemeli bir çözümün kullanılmasını önlemek için, araştırmacılar tarafından giderek daha fazla tercih edilmektedir. Bu nedenle YSA ısıtma, havalandırma, iklimlendirme ve enerji üretim sistemleri, güneş buhar jeneratörleri ve soğutma gibi çeşitli mühendislik uygulama alanlarında [8, 9, 10], kimyada [11] ve özellikle ısı eşanjörlerinde [12,13] yaygın olarak kullanılmaktadır.

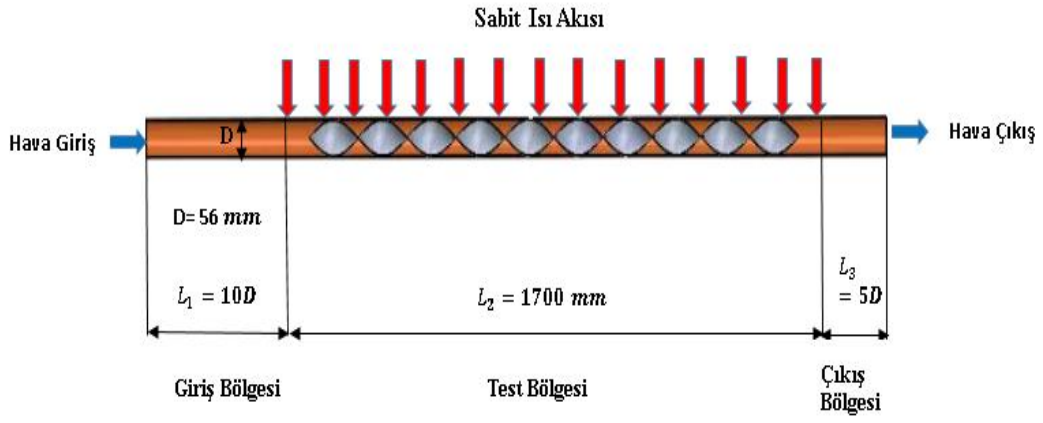
Verma ve arkadaşları [14] yaptıkları çalışmada, ısı değiştiricilerinde oluklu ve oluksuz borular kullanarak, ısı transferini iyileştirmeyi amaçlamışlardır. Reynolds sayısının 5000 ile 17000 aralığı ve kütle akış hızının 0,03 ile 0,13 kg/s aralığı için ısı transfer katsayısı ve nusselt sayısının değerleri elde edilmiştir. Yazarlar ayrıca ısı transfer katsayısını, Nusselt sayısını ve Reynolds sayısını tahmin etmek için bir YSA modeli oluşturmuşlardır. R^2 değeri Nusselt sayısı, Reynolds sayısı ve ısı transfer katsayısı için sırasıyla 0,99999, 0,999997 ve 0,999993 olarak bulunmuştur. Hojjat [15] ise bir borulu ısı eşanjöründe soğutucu olarak kullanılan iki tip nano sıvının termal ve hidrodinamik davranışını tahmin etmek için bir yapay sinir ağı modeli geliştirmişlerdir. YSA modelinin girdileri, nano parçacık hacim konsantrasyonu, Reynolds sayısı, nano parçacık termal iletkenlik ve Prandtl sayısıdır. Sonuçlar, YSA modelinin deneysel verileri çok yüksek doğrulukla tahmin ettiğini göstermektedir.

Bu çalışmada, ısı transferini iyileştirmek amacıyla Reynolds sayısının 8000 ile 24000 aralığında üç farklı hatve oranı ($y/D=3, 4, 5$) kullanılarak ve 6 farklı konfigürasyon oluşturularak nümerik analizler gerçekleştirilmiştir. Yapılan analizler sonucunda, elde edilen Nusselt sayısı ve sürtünme faktörü değerlerinin gerçek zamanlı tahmininde kullanmak üzere bir YSA modeli oluşturulmuş ve elde edilen sonuçlar nümerik verilerle doğrulanmıştır.

2. Materyal ve Metot

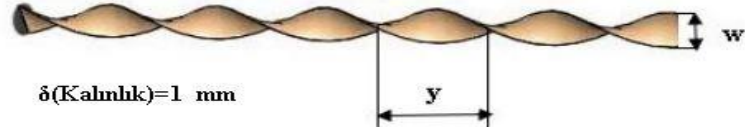
2.1. İçerisine Modifiyeli Şerit Eleman Yerleştirilmiş Boru Modeli

Yapılan çalışmada katı modelleme programı vasıtasıyla dairesel bir boru ve boru iç yüzeyine bitişik olarak farklı hatvelere sahip ve kademeli olarak hatve oranları değişen helisel olarak bükülmüş şeritler yerleştirilmiş şekilde tasarlanmıştır. İçerisindeki akışkan türü hava olan ve giriş sıcaklığı 22 °C olan dışardan sabit ısı akısı kullanılarak $q=1000 \text{ W/m}^2$ ısıyı koruyan borunun ısı geçişi basınç düşümü ve boru yüzeyindeki termal gerilmeler incelenmiştir. Çalışmada kullanılan boru uzunluğu 2540 mm, boru iç çapı 56 mm'dir. Çalışmanın test alanı ise 1700 mm'dir. Akışın gelişmesini tam olarak sağlayabilmesi için giriş kısmında 10D'lik bir giriş bölgesi, akış vektörlerinin dik bir şekilde çıkabilmesi için ise 5D'lik bir çıkış bölgesi tanımlanmıştır. Çalışma Re 8000-24000 aralığında yapılmıştır. Şekil 1' de sayısal modellemede kullanılan iç eleman yerleştirilmiş dairesel borunun şematik gösterimi verilmiştir.

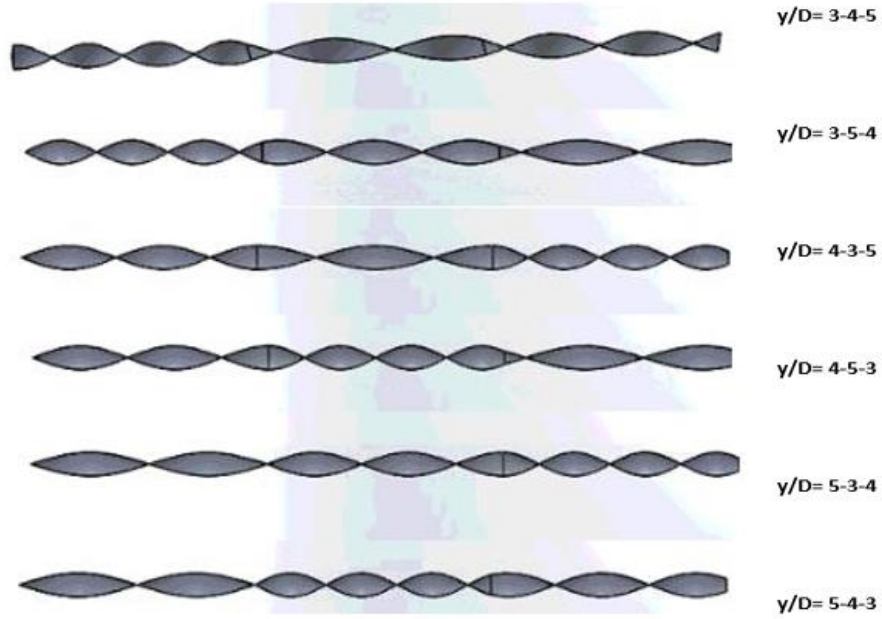


Şekil 1. Sayısal modellemede kullanılan iç eleman yerleştirilmiş dairesel boru

Sayısal modellemede boru içerisine yerleştirilmiş şerit eleman şekil 2’ de gösterilmiştir. Üç farklı hatve oranı ($y/D = 3, 4, 5$) kullanılarak oluşturulan 6 farklı iç eleman konfigürasyonu ise şekil 3’ de verilmiştir.



Şekil 2. Boru İçerisine Yerleştirilmiş Şerit Eleman



Şekil 3. Boru İçerisine Yerleştirilmiş İç Eleman Konfigürasyonu

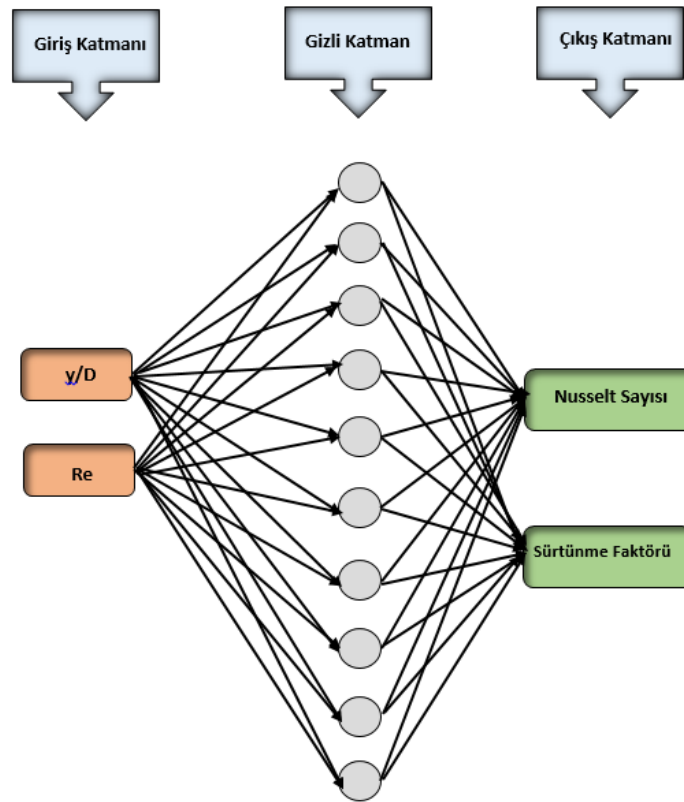
Sayısal analiz sırasında kullanılan sınır şartları ise Tablo 1’ de verilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada Kullanılan Sınır Şartları

Parametreler	Boyut
Boş Boru	2540 mm
Test Bölgesi	1700 mm
Giriş Bölgesi	560 mm
Çıkış Bölgesi	280 mm
Cidar kalınlığı	1 mm
Boru İç Çapı	56 mm
Sabit Isı Akısı	1000 W/m ²
Akışkan Giriş Sıcaklığı	22°C
Malzeme Çeşitleri	Cu
Model-1	y/D=3
Model-2	y/D=4
Model-3	y/D=5
Re aralığı	8000-24000

2.2. Yapay Sinir Ağı Modeli

Son yıllarda, yapay sinir ağı, mühendislik, tıp, işletme ve siber güvenlik vb. gibi tanımlanamayan doğrusal- doğrusal olmayan problemleri çözmek için modern araştırmacılar arasında oldukça popüler hale gelmiştir [16]. Şekil 4' de YSA' nın ağ mimarisi gösterilmiştir. Bu mimari gizli katmanlardaki düğümlerden, ağ bağlantılarından, başlangıç ağırlık ayarlarından ve etkinleştirme işlevlerinin seçiminden oluşur ve YSA'nın modellenmesinde çok önemli bir rol oynar [17].



Şekil 4. YSA Ağ Yapısı

Burada giriş sinyallerinin uygulandığı katmana giriş katmanı, çıkış sinyal cevabının alındığı katmana ise çıkış katmanı denir. Mevcut çalışmada giriş katmanında iki lineer hücre, gizli ve çıkış katmanlarında ise sırasıyla on ve iki nonlineer hücre

kullanılmıştır. YSA modeli için elde edilen verilerin %70'i eğitim, %30'u ise test aşaması için kullanılmıştır. YSA'nın kararlı yapısı için test amacıyla kullanılan veriler ağıın eğitimi aşamasında kullanılmamıştır. Öğrenme oranı 0.1 ve iterasyon sayısı 1.000.000 'dur. Giriş değerleri, hatve oranı (y/D) ve Reynolds sayısıdır. Çıkış değerleri ise Nusselt sayısı ve sürtünme faktörü (f) ' dir.

Uygulamalarda en yaygın ve en çok kullanılmış öğretilme algoritmasıdır. Anlaşılması kolay ve matematiksel olarak kolayca ispatlanabilir olmasından dolayı en çok tercih edilen öğretilme algoritmasıdır. Bu algoritma, hataları çıkıştan geriye, geriye doğru azaltmaya çalışmasından dolayı geri yayılım ismini almıştır. Momentum geri yayılım algoritması, eğim azalan ve MLP' leri eğitmede en fazla kullanılan temel bir öğretilme algoritmasıdır. Bu algoritma ile i ve j kat işlem elemanları arasındaki ağırlıklardaki $\Delta w_{ji}(t)$ değışikliğı hesaplanır. Bu ifade,

$$\Delta w_{ji}(t) = \eta \delta_j x_i + \alpha \Delta w_{ji}(t-1) \quad (1)$$

olarak verilir. Eşitlik (1)' de η öğretilme katsayısı, α momentum katsayısı ve δ_j ara veya çıkış katmanındaki herhangi bir j nöronuna ait bir faktördür. Çıkış katı için bu faktör aşağıdaki şekilde verilir;

$$\delta_j = \frac{\partial f}{\partial net_j} (y_j^t - y_j) \quad (2)$$

Burada,

$$net_j = \sum x_j w_{ji} \quad (3)$$

ve y_j^t ise j işlemci elemanın hedef çıkışıdır. Ara katlardaki nöronlar için ise bu faktör,

$$\delta_j = \left(\frac{\partial f}{\partial net_j} \right) \sum w_{qi} \delta_q \quad (4)$$

olarak verilir.

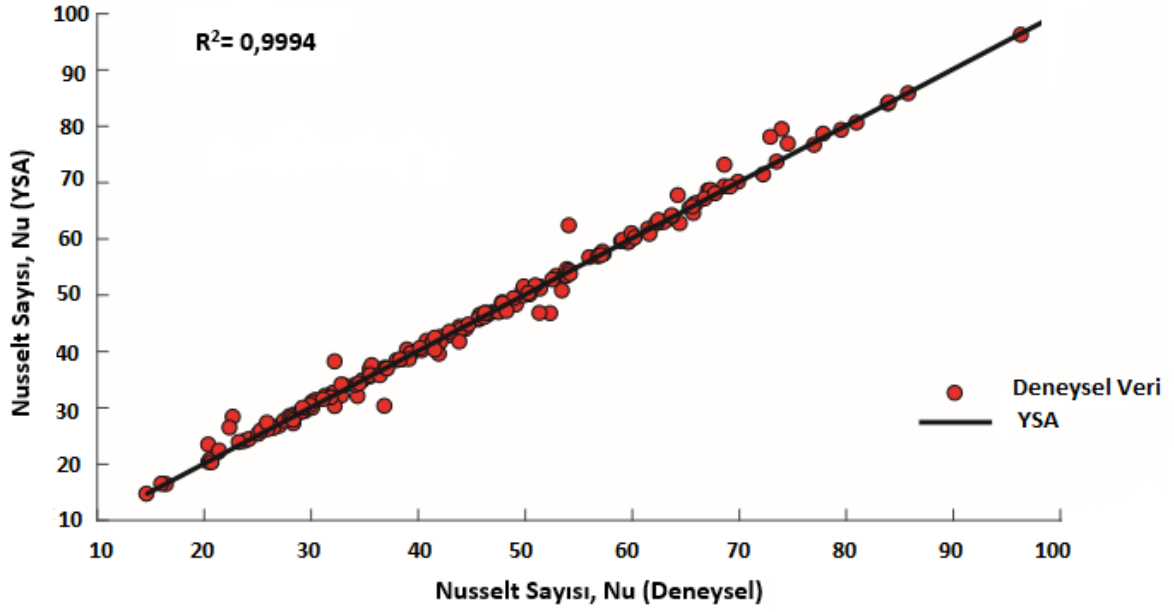
Ara katlardaki nöronlar için herhangi bir hedef çıkış olmadığından, eşitlik (2) yerine eşitlik (4) kullanılır. Bu duruma bağlı olarak çıkış katmanından başlayarak δ_j faktörü, bütün katlardaki nöronlar için hesaplanır. Daha sonra eşitlik (1)' deki formüle bağlı olarak, bütün bağlantılar için ağırlıkların güncelleştirilmesi gerçekleştirilir.

Aktivasyon fonksiyonu, hücreye gelen net girdiyi işleyerek hücrenin bu girdiyeye karşılık üreteceğı çıktıyı belirler. Aktivasyon fonksiyonu genellikle doğrusal olmayan bir fonksiyon seçilir. Yapay sinir ağlarının bir özelliğı olan "doğrusal olmama" aktivasyon fonksiyonlarının doğrusal olmama özelliğinden gelmektedir. Aktivasyon fonksiyonu seçilirken dikkat edilmesi gereken bir diğere nokta ise fonksiyonun türevinin kolay hesaplanabilir olmasıdır. Geri beslemeli ağlarda aktivasyon fonksiyonunun türevi de kullanıldığı için hesaplamaların yavaşlamaması için türevi kolay hesaplanır bir fonksiyon seçilir. Bu çalışmadaki ağ yapısı için aktivasyon fonksiyonu olarak sigmoid fonksiyonu kullanılmıştır.

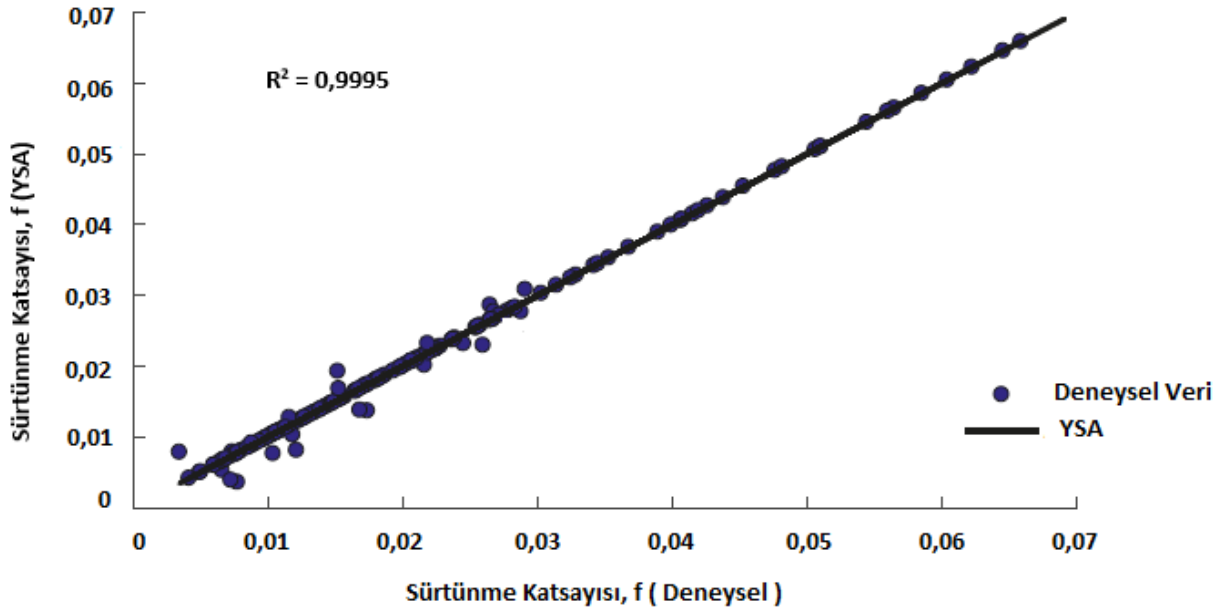
$$f(x) = \frac{1}{1 + e^{-x}} \quad (5)$$

3. Bulgular ve Tartışma

İçerisine modifiyeli şerit elemanlar yerleştirilmiş borudaki ısı transferi ve akış karakteristiklerinin, sayısal modelleme sonucunda elde edilen değerleri ile bir veri seti oluşturularak YSA ağ modeli eğitilmiştir. Bunun sonucu olarak, Nusselt sayısının ve sürtünme faktörünün sayısal verileri ile YSA çıkış değerlerinin karşılaştırılması şekil 5 ve 6' da verilmiştir. Ağıın eğitilmesi sonucunda deneysel veriler ile YSA çıkış değerleri arasında büyük oranda uygunluk sağlanmıştır. YSA ağ modelinin öngördüğü değerler ile deneysel veriler arasında hata oranı nusselt sayısı ve sürtünme faktörü için sırasıyla $R^2=0,9994$ ve $R^2=0,9995$ ' dir.

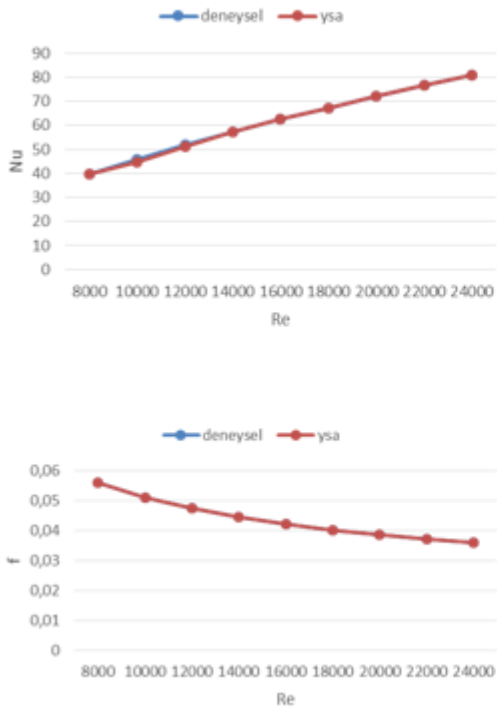


Şekil 5. Nusselt Sayısı için YSA ve Hedef Çıktıların Karşılaştırılması

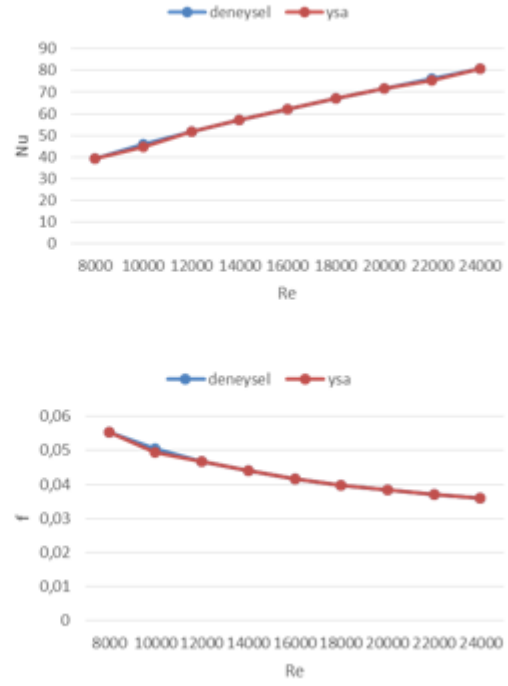


Şekil 6. Sürtünme Faktörü için YSA ve Hedef Çıktıların Karşılaştırılması

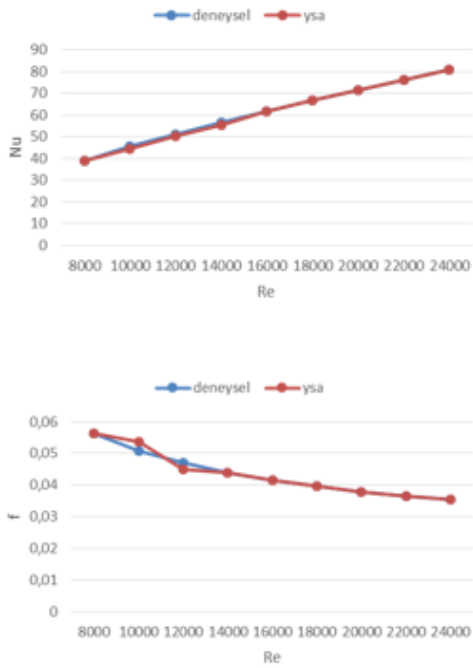
(a)



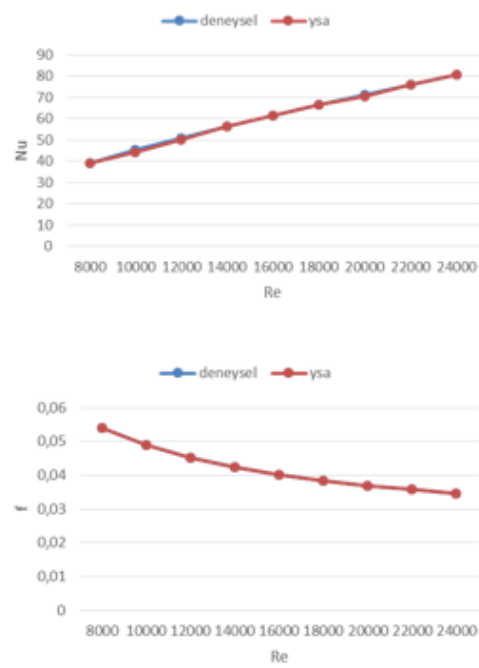
(b)

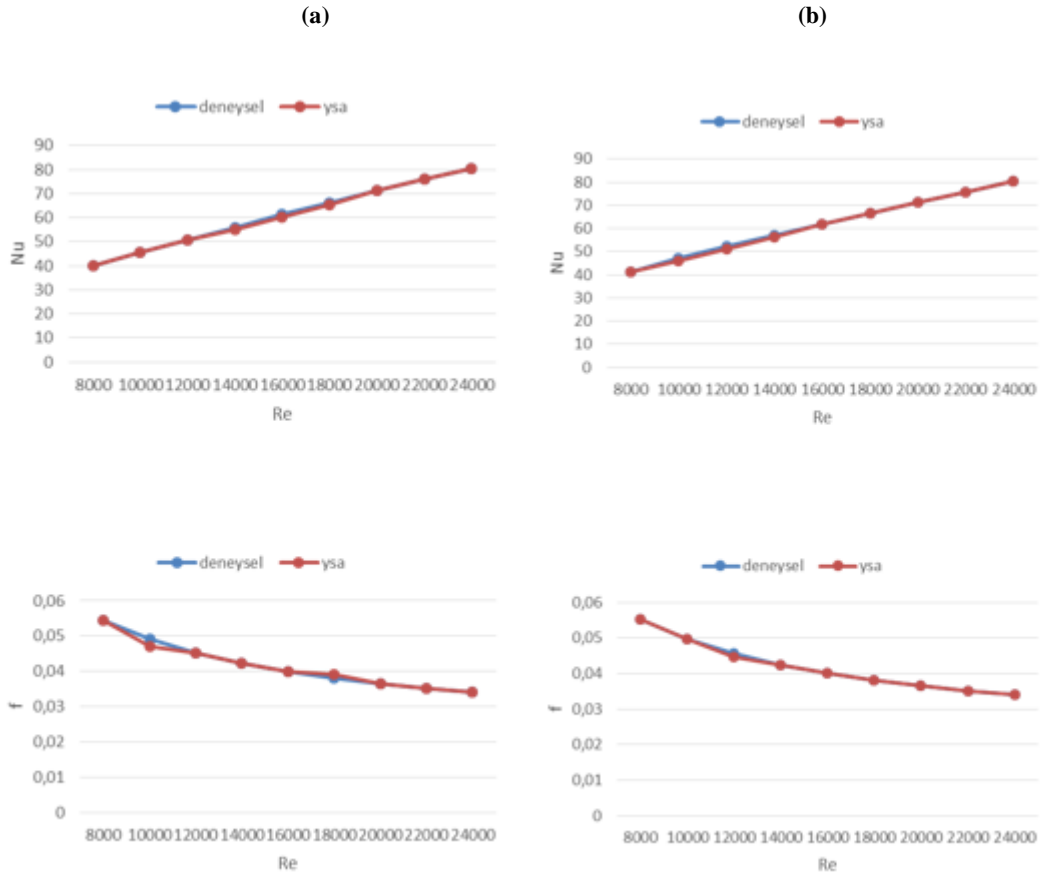
Şekil 7. (a) $y/D=3-4-5$ Konfigürasyonu; (b) $y/D=3-5-4$ Konfigürasyonu için YSA ve Deneysel Sonuç Karşılaştırması

(a)



(b)

Şekil 8. (a) $y/D=4-3-5$ Konfigürasyonu; (b) $y/D=4-5-3$ Konfigürasyonu için YSA ve Deneysel Sonuç Karşılaştırması



Şekil 9. (a) $y/D=5-3-4$ Konfigürasyonu; (b) $y/D=5-4-3$ Konfigürasyonu için YSA ve Deneysel Sonuç Karşılaştırması

Şekil 7, 8 ve 9' da ise 6 farklı çap konfigürasyonu için, Nusselt sayısı ve sürtünme faktörünün Reynolds sayısına göre değişimleri ve YSA çıkış değerlerinin hedeflenen değerler ile arasındaki ilişki gösterilmiştir. Grafikler değerlendirildiğinde YSA çıkış değerlerinin hedef değerleri yakalamadaki kabiliyetinin yüksek olduğu görülmektedir.

4. Sonuç ve Öneriler

Sunulan çalışmada dış yüzeyine sabit ısı akısı uygulanan, dairesel bir boru içerisine cidara bitişik bir şekilde helisel olarak bükülmüş, üç farklı hatve oranına sahip ($y/D=3, 4, 5$) elemanların 6 farklı konfigürasyonda yerleştirildiği ve 8000-24000 Reynolds sayısı aralığında sayısal olarak çözümlenen, helisel iç elemanların ısı transferi basınç düşümüne olan etkileri incelenmiş ve elde edilen veriler yapay sinir ağları kullanılarak analiz edilmiştir. YSA analizleri, en sık kullanılan algoritmaların başında gelen geri yayılım algoritması kullanılarak gerçekleştirildi. Ağ modeli, nümerik veri setlerini içeren bir veri bankası ile eğitildi ve test edildi. Çoklu belirlenme katsayısının değeri R^2 , Nusselt sayısı için 0,9994 ve sürtünme faktörü için 0,9995 olarak elde edildi. YSA simülasyonundan elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde, geri yayılım algoritması için elde edilen sonuçların, büyük oranda nümerik analiz sonuçlarıyla aynı davranışı göstermedeki kabiliyeti, bu algoritmanın helisel olarak bükülmüş eleman yerleştirilmiş boru içerisindeki Nusselt sayısı ve f sürtünme faktörü değişimlerinin gerçek zamanlı tahmininde kullanılabilceğini ispatlamakta ve göstermektedir.

Referanslar

- [1] X. Zhang, Z. Liu and W. Liu, "Numerical studies on heat transfer and friction factor characteristics of a tube fitted with helical screw-tape without core-rod inserts," International Journal of Heat and Mass Transfer, vol. 60, pp.490-498, 2013.
- [2] H. Gül and D. Evin, "Heat Transfer Enhancement in a Circular Tubes Using Helical Swirl Generator Insert at the Entrance," International Journal of Thermal Sciences, vol.46, pp. 1297-1303, 2007.
- [3] P. Murugesan, K. Mayilsamy and S. Suresh, "Turbulent Heat Transfer and Pressure Drop in Tube Fitted with Square-cut Twisted Tape," Chinese Journal of Chemical Engineering, vol. 18, no. 4, pp. 609-617, 2010.

- [4] S. Güneş, V. Özceyhan and O. Büyükalaca, "Heat transfer enhancement in a tube with equilateral triangle cross sectioned coiled wire inserts," *Experimental Thermal and Fluid Science*, vol. 34, no. 6, pp. 684-691, 2010.
- [5] R. Kamali, and A. R. Binesh, "The Importance of Rib Shape Effects on the Local Heat Transfer and Flow Friction Characteristics of Square Ducts with Ribbed Internal Surfaces," *International Communications in Heat and Mass Transfer*, vol. 35, no. 8, pp. 1032-1040, 2008.
- [6] S. Eimsa-ard, P. Nivesrangsan, S. Chokphoemphun and P. Promvong, "Influence of combined non-uniform wire coil and twisted tape inserts on thermal performance characteristics," *International Communications in Heat and Mass Transfer*, vol. 37, no. 7, pp. 850-856, 2010.
- [7] P. Sivashanmugam and P. K. Nagarajan, "Studies on Heat Transfer and Friction Factor Characteristics of Laminar Flow Through a Circular Tube Fitted with Right And Left Helical Screw-Tape Inserts," *Experimental Thermal and Fluid Science*, vol. 32, pp. 192-197, 2007.
- [8] Kalogirou, S.A., "Applications of artificial neural networks for energy systems", *Applied Energy*, vol. 67, pp. 17-35, 2000.
- [9] S. Kmet, P. Sincak, P. Stehlik, "Artificial neural network for creep behavior predictions of a parallel-lay aramid rope under varying stresses", *Int. J. Exp. Mech.*, vol. 47, pp. 121-128, 2011.
- [10] S.P. Kyung, H.K. Soung, "Artificial intelligence approaches to determination of CNC machining parameters in manufacturing: a review", *Artif. Intell. Eng.*, vol. 12, pp. 121-134, 1998.
- [11] K.W. Chau, "A review on integration of artificial intelligence into water quality modelling", *Mar. Pollut. Bull.*, vol. 52, pp. 726-733, 2006.
- [12] S. Sanaye, H. Hajabdollahi, "Thermal-economic multi-objective optimization of plate fin heat exchanger using genetic algorithm", *Appl. Energy*, vol. 87, pp. 1893-1902, 2010.
- [13] K. Varshney, P.K. Panigrahi, "Artificial neural network control of a heat exchanger in a closed flow air circuit", *Appl. Soft Comput.*, vol. 5, pp. 441-465, 2005.
- [14] T.N. Verma, P. Nashine, D. V. Singh, S. Singh and D. Panwar, "ANN: Prediction of an experimental heat transfer analysis of concentric tube heat exchanger with corrugated inner tubes," *Applied Thermal Engineering*, vol. 120, pp. 219-227, 2017.
- [15] M. Hojjat, "Nanofluids as coolant in a shell and tube heat exchanger: ANN modeling and multi-objective optimization," *Applied Mathematics and Computation*, vol 365, issue C,1-15, 2020.
- [16] M. Luy, U. Saray, "Wind speed estimation for missing wind data with three different backpropagation algorithms," *Energy Education Science and Technology Part A: Energy Science and Research*, vol. 30, no. 1, pp. 45-54, 2012.
- [17] Göçmen, E , Derse, O . "Forecasting of Electricity Generation Shares by Fossil Fuels Using Artificial Neural Network and Regression Analysis in Turkey," *International Scientific and Vocational Studies Journal* , 2 (2), 20-30, 2018.

Improved Whale Optimization Algorithm Based On π Number

Bahadur Alizada ^{a,1}^aErciyes University, Engineering Faculty, Computer Engineering, 38000, Kayseri, Turkey
ORCID ID: 0000-0001-6587-4057

Abstract

In this study, an improved version is presented as a result of experiments performed on the whale optimization algorithm (WOA) in the literature. As a result of the experiments, π number was added to the \vec{C} coefficient vector of the algorithm. The developed WOA algorithm based on the number of π was adapted to test problems. The 23 most common Benchmark functions have been selected as test problems. In line with the results, it was observed that the exploitation and exploration phases of the WOA developed. The success of the results has proven itself in comparison with other algorithms.

Keywords: “Whale Optimization Algorithm, Benchmark Functions, Optimization”

1. Introduction

The use of meta-heuristic optimization techniques is becoming more common day by day. The most important reasons for this are nature-inspired simple structured algorithms, a comfortable control mechanism by scientists and users, and can be easily adapted to various real-life problems. Meta-heuristic methods are preferred in terms of low cost of calculation and time saving compared to classical methods.

Meta-heuristic optimization algorithms can be varied according to the inspiration on which it is based. Table 1 shows this variation. The table includes both popular and new and successful meta-heuristic optimization algorithms. Of course, the following list covers very few of the meta-heuristic techniques.

Table 1. Classification of the meta-heuristic methods

Meta-heuristic optimization techniques				
Evolutionary inspired	Physics inspired	Swarm inspired	Human inspired	Other
Genetic Algorithm (GA) [1]	Simulated Annealing (SA) [4-5]	Ant Colony Optimization (ACO) [8]	Firework Algorithm (FA) [11]	Sine Cosine Algorithm (SCA) [16]
Genetic Programming (GP) [2]	Gravitational Search Algorithm (GSA) [6]	Particle Swarm Optimization (PSO) [9]	Taboo Search (TS) [12-14]	Stochastic Fractal Search (SFS) [17]
Differential Evolution (DE) [3]	Multi-Verse Optimizer (MVO) [7]	Artificial Bee Colony (ABC) [10]	Harmony Search (HS) [15]	Water Cycle Algorithm (WCA) [18]

According to No Free Lunch (NFL) [19] the reason for the increase in the variety of optimization algorithms [20-21] is that there is no adaptive method that can be resolve all kinds of problems. The type of problem to be adapted varies depending on the structure of the algorithms. Based on this motivation, scientists develop new, hybrid, improvement, modified optimization techniques.

The meta-heuristic optimization algorithm based on WOA [22] herd intelligence was used. Although the algorithm is new, it achieves very successful results. There are several improved models in the literature. Table 2 gives some examples of improved models.

¹ Sorumlu Yazar. Tel.: +0-000-000-0000 ; fax: +0-000-000-0000 .
E-posta adresi:

Table 2. Improved whale optimization algorithms lists

Improved Model	Applied Problem	Year of proposal
An adaptive WOA [23]	Global optimization	2016
WOA with inertia weight [24]	Global optimization	2016
Enhanced WOA [25]	Sizing Optimization	2016
Improved WOAs based on inertia weights [26]	Global optimization	2017
Lévy Flight Trajectory-Based WOA [27]	Global optimization	2017
An improved chaotic WOA [28]	Parameter estimation of photovoltaic cells	2017
Multi-Objective WOA [29]	Wind speed forecasting	2017
An improved Lévy based WOA [30]	Bandwidth-efficient virtual machine placement	2018
Chaotic WOA [31]	Global optimization	2018
An improved WOA [32]	Global optimization	2018
Non-dominated sorting Multi-Objective WOA [33]	Content-based image retrieval	2018
An improved WOA [34]	PV models	2018
A modified WOA [35]	0–1 knapsack problem	2019
An improved hybrid WOA [36]	Global optimization	2019

In this study, the WOA \vec{c} coefficient vector was updated based on the number π , inspired by the number of SCA update distances. After the update, the algorithm was tested and adapted to the 23 most used Benchmark problems (functions) in the literature. The parametric properties of the functions are showed in Table 3. The obtained results are proved by comparing the WOA and other population algorithms.

Table 3. Features of benchmark problems

Function	Dim	Range	f_{min}
$F_1(x) = \sum_{i=1}^n x_i^2$	30	[-100,100]	0
$F_2(x) = \sum_{i=1}^n x_i + \prod_{i=1}^n x_i $	30	[-10, 10]	0
$F_3(x) = \sum_{i=1}^n (\sum_{j=1}^i x_j)^2$	30	[-100,100]	0
$F_4(x) = \max_i \{ x_i , 1 \leq i \leq n \}$	30	[-100,100]	0
$F_5(x) = \sum_{i=1}^{n-1} [100(x_{i+1}-x_i^2)^2 + (x_i-1)^2]$	30	[-30, 30]	0
$F_6(x) = \sum_{i=1}^n (x_i+0.5)^2$	30	[-100,100]	0
$F_7(x) = \sum_{i=1}^n ix_i^4 + random(0,1)$	30	[-1.28, 1.28]	0
$F_8(x) = \sum_{i=1}^n -x_i \sin(\sqrt{ x_i })$	30	[-500, 500]	-12569.487
$F_9(x) = \sum_{i=1}^n [x_i^2 - 10 \cos(2\pi x_i) + 10]$	30	[-5.12, 5.12]	0
$F_{10}(x) = -20 \exp(-0.2 \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2}) - \exp(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \cos(2\pi x_i)) + 20 + e$	30	[-32, 32]	0
$F_{11}(x) = \frac{1}{4000} \sum_{i=1}^n x_i^2 - \prod_{i=1}^n \cos(\frac{x_i}{\sqrt{i}}) + 1$	30	[-600, 600]	0
$F_{12}(x) = \frac{\pi}{n} \left\{ 10 \sin(\pi y_1) + \sum_{i=1}^{n-1} (y_i-1)^2 [1 + 10 \sin^2(\pi y_{i+1})] + (y_n-1)^2 \right\} + \sum_{i=1}^n u(x_i, 10, 100, 4)$	30	[-50, 50]	0
$y_i = 1 + \frac{x_i+1}{4} u(x_i, a, k, m) = \begin{cases} k(x_i-a)^m & x_i > a \\ 0 & -a < x_i < a \\ k(-x_i-a)^m & x_i < -a \end{cases}$			
$F_{13}(x) = 0.1 \left\{ \sin^2(3\pi x_1) + \sum_{i=1}^n (x_i-1)^2 [1 + \sin^2(3\pi x_i + 1)] + (x_n-1)^2 [1 + \sin^2(2\pi x_n)] \right\} + \sum_{i=1}^n u(x_i, 5, 100, 4)$	30	[-50, 50]	0
$F_{14}(x) = \left(\frac{1}{500} + \sum_{j=1}^{25} \frac{1}{j + \sum_{i=1}^2 (x_i - a_{ij})^6} \right)^{-1}$	2	[-65, 65]	1
$F_{15}(x) = \sum_{i=1}^{11} \left[a_i - \frac{x_1(b_i^2 + b_i x_2)}{b_i^2 + b_i x_3 + x_4} \right]^2$	4	[-5, 5]	0.0003
$F_{16}(x) = 4x_1^2 - 2.1x_1^4 + \frac{1}{3}x_1^6 + x_1x_2 - 4x_2^2 + 4x_2^4$	2	[-5, 5]	-1.0316
$F_{17}(x) = (x_2 - \frac{5.1}{4\pi^2}x_1^2 + \frac{5}{\pi}x_1 - 6)^2 + 10(1 - \frac{1}{8\pi}) \cos x_1 + 10$	2	[-5, 5]	0.398
$F_{18}(x) = [1 + (x_1 + x_2 + 1)^2 (19 - 14x_1 + 3x_1^2 - 14x_2 + 6x_1x_2 + 3x_2^2)] \times [30 + (2x_1 - 3x_2)^2 \times (18 - 32x_1 + 12x_1^2 + 48x_2 - 36x_1x_2 + 27x_2^2)]$	2	[-2, 2]	3
$F_{19}(x) = -\sum_{i=1}^4 c_i \exp(-\sum_{j=1}^3 a_{ij} (x_j - p_{ij})^2)$	3	[1, 3]	-3.86
$F_{20}(x) = -\sum_{i=1}^4 c_i \exp(-\sum_{j=1}^6 a_{ij} (x_j - p_{ij})^2)$	6	[0, 1]	-3.32
$F_{21}(x) = -\sum_{i=1}^5 [(X - a_i)(X - a_i)^T + c_i]^{-1}$	4	[0, 10]	-10.1532
$F_{22}(x) = -\sum_{i=1}^7 [(X - a_i)(X - a_i)^T + c_i]^{-1}$	4	[0, 10]	-10.4028
$F_{23}(x) = -\sum_{i=1}^{10} [(X - a_i)(X - a_i)^T + c_i]^{-1}$	4	[0, 10]	-10.5363

2. Related Works

2.1. Whale optimization algorithm

WOA is a swarm-based optimization technique. The method was inspired by the acts of humpback whales.

The location of the optimum design in the area where the encircling pray is first searched by the whale is unknown. Therefore, the algorithm assumes that the marked pray is the best solution at the moment. This means that the solution is near optimum value. Then the best searching agent among the whales is selected. Depending on this selection, other population whales update their position relative to the best whale. This update technique is defined by the following equation:

$$\vec{D} = |\vec{C} \cdot \vec{X}^*(t) - \vec{X}(t)| \quad (1)$$

$$\vec{X}(t+1) = \vec{X}^*(t) - \vec{A} \cdot \vec{D} \quad (2)$$

t is instantaneous iteration. \vec{X}^* is the location of the best individual ever achieved. \vec{X} is the location vector. \vec{A} and \vec{C} vectors are the specific coefficients. These coefficients are determined by the following equations.

$$\vec{A} = 2\vec{a} \cdot \vec{r} - \vec{a} \quad (3)$$

$$\vec{C} = 2 \cdot \vec{r} \quad (4)$$

\vec{a} is a parameter whose initial value decreases linearly from 0 to 2 during iterations. \vec{r} gets a random values between 0 and 1.

The bubbly attack represents the phase of exploitation in meta-heuristic optimization techniques. Humpback whales perform the attack with two mechanisms of both shrinking containment and curled updating of position. Since the humpback whale in nature performs both, the modeling algorithm is given as follows:

$$\vec{X}_{(t+1)} = \begin{cases} \vec{X}_{(t)}^* - \vec{A} \cdot \vec{D} & \text{if } p < 0.5 \\ \vec{X}_{(t+1)}^* = \vec{D} \cdot e^{bl} \cdot \cos(2\pi l) + \vec{X}_{(t)}^* & \text{if } p \geq 0.5 \end{cases} \quad (5)$$

b defines shape of the fixed value logarithmic curled. l gets a random numbers between -1 and 1.

The encircling technique represents the exploration phase in meta-heuristic optimization techniques. During the exploitation phase, the update was best made according to the position of the whale. In the discovery phase, this update is performed randomly. These time model equations are expressed as follows:

$$\vec{D} = |\vec{C} \cdot \vec{X}_{rand} - \vec{X}| \quad (6)$$

$$\vec{X}(t+1) = \vec{X}_{rand} - \vec{A} \cdot \vec{D} \quad (7)$$

\vec{X}_{rand} represents the randomly selected position vector (the position of the whale) from the population.

2.2. Sine cosine algorithm

The meta-heuristic optimization technique, SCA, is inspired by the graphical movements of the sine and cosine. SCA first generates random solutions. Then, it chooses the best individual solution based on its suitability value. Then the individuals in the population update their current position according to the best resultant with the help of the following equation:

$$X_i^{t+1} = \begin{cases} X_i^T + r_1 \times \sin(r_2) \times |r_3 P_i^t - X_i^T|, r_4 < 0.5 \\ X_i^T + r_1 \times \cos(r_2) \times |r_3 P_i^t - X_i^T|, r_4 \geq 0.5 \end{cases} \quad (8)$$

X_i^T is the instantaneous location. P_i^t is the location of the best individual, r_1, r_2, r_3, r_4 are random variables, respectively the direction of update, the update distance, the weight of the target, the balance between sine and cosine movements.

2.3. The proposed improvement

In this study, it is inspired by the random number which represents the update distance r_2 in the $[0, 2\pi]$ range in the SCA. The \vec{C} parameter in the original WOA ranges from $[0, 2]$. By adding only the number π as a multiplier, you can increase the range of changes to achieve more successful results. Therefore, the model (4) is updated by taking the following figure.

$$\vec{C} = 2 \cdot \pi \cdot \vec{r} \quad (9)$$

Since the \vec{C} specific number is used in both encircling prey (exploitation phase) and hunting search (reconnaissance phase) equations, the effect is two-fold. In this way, the balance between exploitation and exploration is strengthened and better results are obtained.

3. Results and Discussion

In this study, the comparison with the original algorithm was performed to show the improvement in numerical efficiency. 23 classical Benchmark functions [37-40] were chosen as test problems. For comparison, the results used in the first article of WOA [32] were used.

Only the developed algorithm (PIWOA) and original algorithm (WOA) codes were run and the results were obtained. Other results are taken from the article. In all algorithms, population size was 30 and iteration was 500. The average of the first 30 results obtained in each function when executing the codes is given in Table 6. Table 5 shows the minimum and maximum values. The function parameters are set according to the previously given Table 2.

First, a few tests were made to increase or decrease the number of pi. In Table.4, experiments were done on some coefficients of π and the results were compared. If the C coefficient value increases or decreases, an experiment has been conducted on how the behavior of the algorithm will change.

Table 4. Comparison of coefficients of π according to benchmark functions

F	PIWOA					
	π	2π	3π	$\pi / 2$	$1 / \pi$	$1 / 2 \pi$
	<i>ave</i>					
F ₁	4,12E-123	5.55E-133	6,79E-130	2,56E-98	8,97E-87	3,04E-92
F ₂	2,16E-73	1,53E-80	2,05E-78	5,39E-61	1,34E-58	4,93E-63
F ₃	66758,07	78056,76	79318,79	52968,93	66132,46	71551,06
F ₄	52,84312	52,03767	60,75798	41,815	56,23557	54,64768
F ₅	28,34118	28,59631	28,66984	27,96659	28,17009	28,14091
F ₆	0,167757	0,154046	0,188019	0,206281	0,578550	0,676079
F ₇	0,001883	0,002604	0,001001	0,002192	0,002285	0,001905
F ₈	-12355,79	-12326,78	-12377	-12003,62	-10318,97	-10881,84
F ₉	0	3,79E-15	0	5,68E-15	0	1,90E-15
F ₁₀	2,78E-15	2,78E-15	3,14E-15	3,26E-15	4,44E-15	3,26E-15
F ₁₁	0	0	0	0,009211	0	0
F ₁₂	0,009849	0,014054	0,011485	0,014154	0,034508	0,029392
F ₁₃	0,223656	0,189085	0,145408	0,271735	0,803409	0,767341
F ₁₄	2,6343	3,484245	2,873919	2,407947	3,579533	4,072622
F ₁₅	0,000887	0,000849	0,000863	0,001065	0,000699	0,001265
F ₁₆	-1,0316	-1,0316	-1,0316	-1,0316	-1,0316	-1,0316
F ₁₇	0,397911	0,397926	0,397923	0,397897	0,397915	0,397946
F ₁₈	3	6,611693	6,780357	3	3,00122	3
F ₁₉	-3,83724	-3,83192	-3,81011	-3,85344	-3,85262	-3,85745
F ₂₀	-3,16966	-3,12847	-3,10678	-3,22981	-3,17878	-3,18244
F ₂₁	-9,98939	-9,70178	-9,77219	-9,40376	-8,51101	-8,95557
F ₂₂	-10,2779	-10,1736	-10,0866	-9,19885	-7,70737	-8,79525
F ₂₃	-10,3163	-10,2917	-10,2185	-9,32655	-7,44693	-8,90413

The results in Table 4 show that only the use of π gives more successful results. Reducing or increasing the coefficient factors has only made progress in certain functions and in some cases has not even achieved the average result. Looking at the table, π

proves that it is the test that shows the best results in either double or general comparison. Therefore, in the next tables, the results are compared with the π coefficient.

Table 5. Comparison of PIWOA and WOA algorithms according to benchmark functions

F	PIWOA			WOA		
	<i>ave</i>	<i>max</i>	<i>min</i>	<i>ave</i>	<i>max</i>	<i>min</i>
F ₁	4,12E-123	9.0613E-139	1.2133E-121	1,61E-73	2,579E-87	3,037E-72
F ₂	2,16E-73	1.2036E-81	6.4822E-72	3,71E-50	4,7167E-57	1,0097E-48
F ₃	66758,07	41603.4946	90989.3035	43621,36	16992,4815	68700,9912
F ₄	52,84312	2.2999	91.183	46,01006	0,24429	84,8424
F ₅	28,34118	27.6717	28.7321	27,96338	26,9892	28,7592
F ₆	0,167757	0.043911	0.2995	0,39663	0,0973	0,8498
F ₇	0,001883	8.421E-06	0.011	0,003941	0,00011573	0,014392
F ₈	-12355,79	-12569.47	-11558.36	-10138,55	-12567,2305	-7438,5198
F ₉	0	0	0	7,58E-15	0	1.1369E-13
F ₁₀	2,78E-15	8.8818E-16	7.9936E-15	4,2E-15	8.8818E-16	7.9936E-15
F ₁₁	0	0	0	0	0	0
F ₁₂	0,009849	0.0026526	0.031354	0,023297	0,0049458	0,11166
F ₁₃	0,223656	0.078179	0.5647	0,448593	0,07261	1,1382
F ₁₄	2,6343	0.998	10.7632	2,959695	0.998	10,7632
F ₁₅	0,000887	0.00031518	0.0022519	0,000602	0,00030782	0,0016208
F ₁₆	-1,0316	-1.0316	-1.0316	-1,0316	-1.0316	-1.0316
F ₁₇	0,397911	0.39789	0.39795	0,397893	0,39789	0,3979
F ₁₈	3	3	3.0004	3	3	3.0003
F ₁₉	-3,83724	-3.8626	-3.7187	-3,85732	-3,8628	-3,8344
F ₂₀	-3,16966	-3.3208	-1.8276	-3,1939	-3,3219	-1,8403
F ₂₁	-9,98939	-10.152	-9.2686	-8,01905	-10,1523	-2,6256
F ₂₂	-10,2779	-10.4012	-9.7117	-7,50882	-10,4008	-1,8355
F ₂₃	-10,3163	-10.5337	-9.2164	-6,9726	-10,5358	-2,4216

The results in the Table 5 showed that the PIWOA was more successful than the WOA. Of the 23 test problems, 16 showed the best results, while the others showed approximate results. This proves that the improvement is going well.

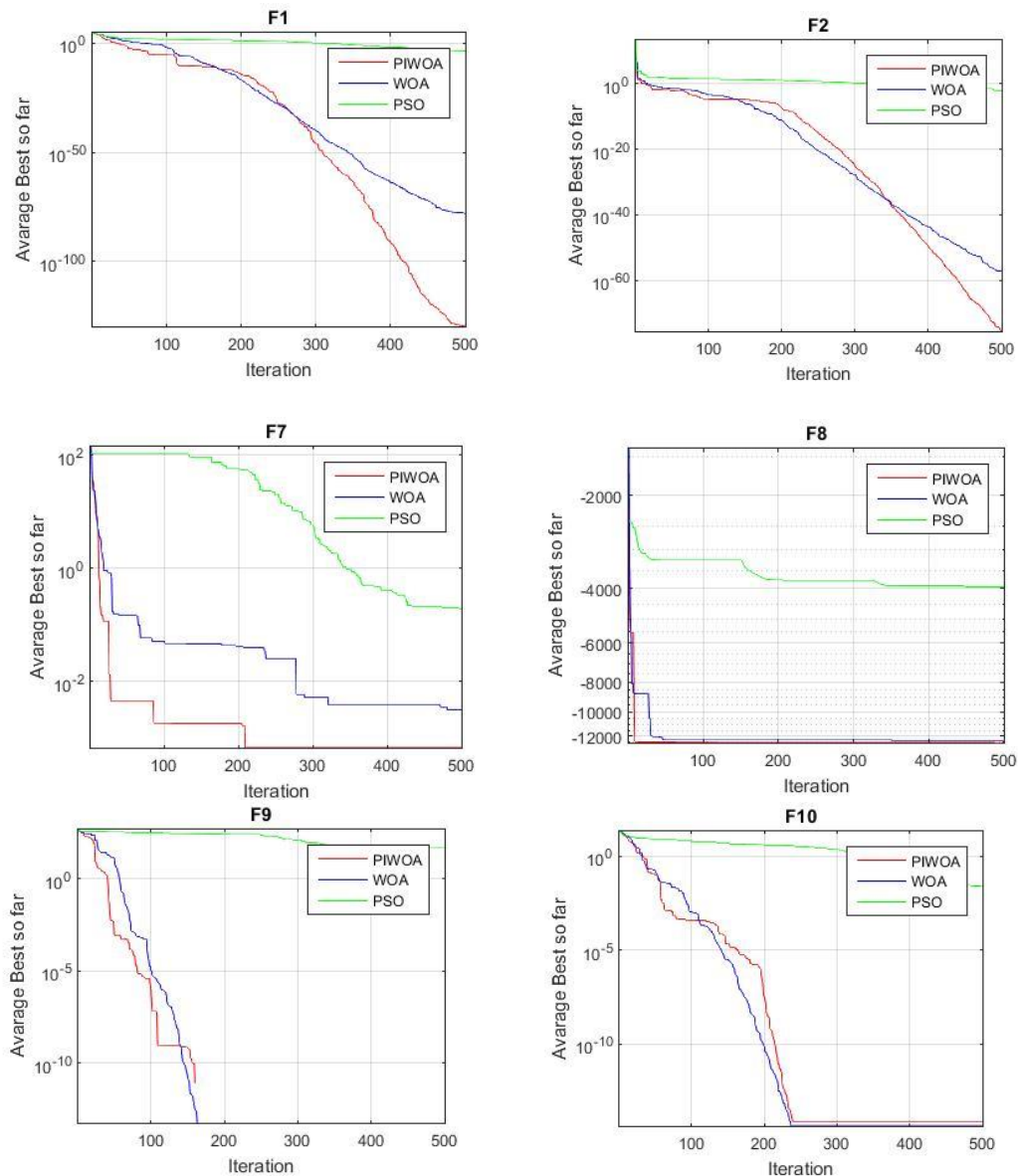
Table 6. Comparison of algorithms according to benchmark functions

F	PIWOA	WOA	PSO	GSA	FEP	DE
	<i>ave</i>					
F ₁	4,12E-123	1,61E-73	0.000136	2.53E-16	0.00057	8.2E -14
F ₂	2,16E-73	3,71E-50	0.042144	0.055655	0.0081	1 .5E -09
F ₃	66758,07	43621,36	70.12562	896.5347	0.016	6 .8E -11
F ₄	52,84312	46,01006	1.086481	7.35487	0.3	0
F ₅	28,34118	27,96338	96.71832	67.54309	5.06	0
F ₆	0,167757	0,39663	0.000102	2.5E-16	0	0
F ₇	0,001883	0,003941	0.122854	0.089441	0.1415	0 .00463
F ₈	-12355,79	-10138,55	-4841.29	-2821.07	-12554.5	-11080.1
F ₉	0	7,58E-15	46 .70423	25 .96841	0.046	69.2
F ₁₀	2,78E-15	4,2E-15	0 .276015	0 .062087	0.018	9 .7E -08
F ₁₁	0	0	0 .009215	27 .70154	0.016	0
F ₁₂	0,009849	0,023297	0 .006917	1 .799617	9.2E-06	7 .9E -15
F ₁₃	0,223656	0,448593	0 .006675	8 .899084	0.00016	5 .1E -14
F ₁₄	2,6343	2,959695	3.627168	5.859838	1.22	0 .998004
F ₁₅	0,000887	0,000602	0.000577	0.003673	0.0005	4 .5E -14
F ₁₆	-1,0316	-1,0316	-1.03163	-1.03163	-1.03	-1 .03163
F ₁₇	0,397911	0,397893	0.397887	0.397887	0.398	0 .397887
F ₁₈	3	3	3	3	3.02	3
F ₁₉	-3,83724	-3,85732	-3.86278	-3.86278	-3.86	N/A
F ₂₀	-3,16966	-3,1939	-3.26634	-3.31778	-3.27	N/A
F ₂₁	-9,98939	-8,01905	-6.8651	-5.95512	-5.52	-10 .1532
F ₂₂	-10,2779	-7,50882	-8.45653	-9.68447	-5.53	-10 .4029
F ₂₃	-10,3163	-6,9726	-9.95291	-10.5364	-6.57	-10 .5364

Table 6 shows the comparison of algorithms. Comparison time WOA, PSO, GSA, Fast Evolutionary Programming (FEP), DE results were used. It should be emphasized that the results of the PSO, GSA, FEP, DE algorithms are taken from the WOA article [32].

Unimodal benchmarks (F1-F7) should be reviewed to test the exploitation phase of the algorithm. The time of comparisons was successful in all of the functions F1, F2 and F7. F5 and F6 are average values. Its success on unimodals show that the PIWOA has high exploitation ability.

The discovery phase of the algorithm is tested by multimodal benchmarks (n-dimensional and fixed-dimension) (F8-F23). According to the results, 6 of them showed better results than all of them. Others achieved success with approximate and average results. It has achieved the success of the original algorithm. Apart from this, it has assumed DE in some places and showed approximate values in some places. Thus, it proved to be a competitive model.



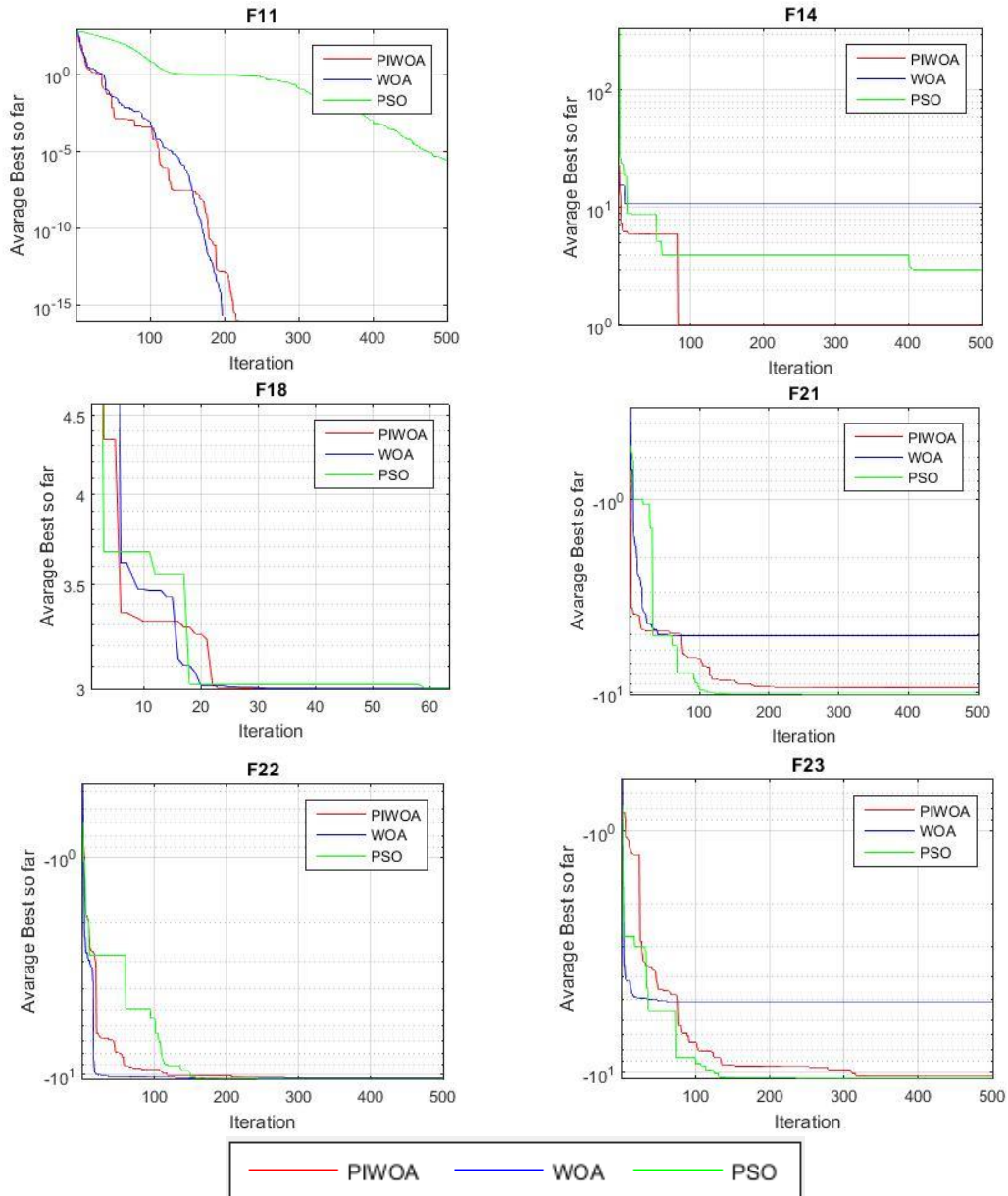


Figure 1. Comparison of convergence curves of PIWOA, WOA, and PSO obtained in some of the functions.

WOA and PSO algorithms were used to compare the convergence curve. In F1 and F2, convergence was gradual throughout the iterations. In F7, F9, F10, F11, F21, F22, F23, although this progressed to a certain place, it suddenly converged rapidly. F8, F14 and F18 also show a rapid convergence at first. This shows how high the convergence rate of the developed algorithm is. This is achieved by the balance of exploitation and exploration phases in the algorithm. In general, it was observed that it converges better than both algorithms.

4. Conclusion

This study was inspired by the number of update distances used in the SCA algorithm. π number as multiplier in the original algorithm used in vector \vec{C} . The algorithm was successful because the modified multiplier was used in both the exploitation and exploration phase. The method developed was named PIWOA (Improved Whale Optimization Algorithm Based On π Number). 23 test problems were used to compute the exploration, exploitation, and convergence curve of the improved model. PIWOA has been found to be successful in comparison with the famous meta-heuristic methods.

Acknowledgment

Thank to Dr. Seyedali Mirjalili for his scientifically motivating research and for clearly sharing them with everyone.

References

- [1] Alatas, B. "ACROA: Artificial Chemical Reaction Optimization Algorithm for global optimization." *Expert Systems with Applications* 38, 13170–13180, 2011.
- [2] Hatamlou A. "Black hole: a new heuristic optimization approach for data clustering," *Inf Sci*, 222:175–184. 2013.
- [3] Huang F, Wang L, He Q. "An effective co-evolutionary differential evolution for constrained optimization," *Appl Math Computation*, 186(1), 340–356, 2007.
- [4] Kirkpatrick S, Gelatt CD, Vecchi MP. "Optimization by simulated annealing," *Science*, 220(4598), 671–680. 1983.
- [5] Cerný V. "Thermodynamical approach to the traveling salesman problem: an efficient simulation algorithm," *Journal of Optimization Theory and Applications*, 45(1), 41–51, 1985.
- [6] Rashedi E, Nezamabadi-Pour H, Saryazdi S. "GSA: a gravitational search algorithm," *Inf Sci*, 179,2232–2248,2009.
- [7] Mirjalili, S., Mirjalili, S. M., & Hatamlou, "A. Multi-verse optimizer: a nature-inspired algorithm for global optimization" *Neural Computing and Applications*, 27(2), 495-513. 2016.
- [8] Dorigo M, Birattari M, Stutzle T. "Ant colony optimization," *IEEE Comput Intell*, 1(4), 28–39. 2006.
- [9] Kennedy J, Eberhart R. "Particle swarm optimization," In: *Proceedings of the 1995 IEEE international conference on neural networks*, Australia, 1942–1948, 1995.
- [10] Basturk B, Karaboga D. "An artificial bee colony (ABC) algorithm for numeric function optimization," In: *Proceedings of the IEEE swarm intelligence symposium*, Indianapolis, USA, 12–14 May 2006.
- [11] Tan Y, Zhu Y. "Fireworks algorithm for optimization." *Advances in swarm intelligence*, Berlin: Springer-Verlag; 355–364. 2010.
- [12] Fogel D. *Artificial intelligence through simulated evolution*. Wiley-IEEE Press; 2009.
- [13] Glover F. Tabu search –Part I. *ORSA J Comput* 1989; 1:190–206.
- [14] Glover F. Tabu search –Part II. *ORSA J Comput* 1990; 2:4–32.
- [15] Geem Z,W. Kim J,H., Loganathan G., "A new heuristic optimization algorithm: harmony search," *Simulation*,76(2),60–68, 2001.
- [16] Mirjalili S., "SCA: A Sine Cosine Algorithm for solving optimization problems," *Knowledge-Based Sys*,96,120-133, 2016.
- [17] Salimi H., "Stochastic fractal search: a powerful metaheuristic algorithm," *Knowledge-Based Sys*,75,1-18, 2015.
- [18] Eskandar H, Sadollah A, Bahreininejad A, Hamdi M., "Water cycle algorithm–A novel metaheuristic optimization method for solving constrained engineering optimization problems," *Comp & Struct*, 110,151-166, 2012.
- [19] Wolpert DH, Macready WG., "No free lunch theorems for optimization," *Evolut Comput*, IEEE Trans, 1:67–82, 1997.
- [20] Ateş, V., & Barışçı, N. "Short-Term Load Forecasting Model Using Flower Pollination Algorithm," *International Scientific and Vocational Studies Journal*, 1(1), 22-29, 2017.
- [21] Koç, İ. B., Al Janadi, A., & Ateş, V. "Interlock Optimization Of An Accelerator Using Genetic Algorithm," *International Scientific and Vocational Studies Journal*, 1(1), 30-41. 2017.
- [22] Trivedi, I. N., Pradeep, J., Narottam, J., Arvind, K., & Dilip, L. "Novel adaptive whale optimization algorithm for global optimization," *Indian Journal of Science and Technology*, 9(38), 319-326, 2016.
- [23] Hu, H., Bai, Y., & Xu, T., "A whale optimization algorithm with inertia weight," *WSEAS Trans. Comput*, 15, 319-326, 2016.

- [24] Kaveh, A, Ghazaan, M. I., “Enhanced whale optimization algorithm for sizing optimization of skeletal structures,” *Mechanics Based design of structures and Machines*, 45(3), 345-362, 2017.
- [25] Hu, H, Bai, Y, Xu, “Improved whale optimization algorithms based on inertia weights and theirs applications,” *International journal of circuits, systems and signal processing*, 11, 12-26. 2017.
- [26] Ling, Y., Zhou, Y., Luo, Q. Lévy, “flight trajectory-based whale optimization algorithm for global optimization.,” *IEEE access*, 5, 6168-6186, 2017.
- [27] Oliva, D., El Aziz, M. A., “Hassanien, A. E. Parameter estimation of photovoltaic cells using an improved chaotic whale optimization algorithm,” *Applied Energy*, 200, 141-154. 2017.
- [28] Wang, J., Du, P., Niu, T., Yang, W., “A novel hybrid system based on a new proposed algorithm—Multi-Objective Whale Optimization Algorithm for wind speed forecasting,” *Applied energy*, 208, 344-360, 2017.
- [29] Abdel-Basset, M., Abdle-Fatah, L., Sangaiah, A. K. “An improved Lévy based whale optimization algorithm for bandwidth-efficient virtual machine placement in cloud computing environment,” *Cluster Computing*, 1-16, 2018.
- [30] Kaur, G., Arora, S. “Chaotic whale optimization algorithm,” *Journal of Computational Design and Engineering*, 5(3), 275-284, 2018.
- [31] Saidala, R. K., Devarakonda, N. “Improved whale optimization algorithm case study: clinical data of anaemic pregnant woman,” In *Data engineering and intelligent computing*, Springer, Singapore. 271-281, 2018.
- [32] Mirjalili S, Lewis A., “The whale optimization algorithm,” *Adv Eng Softw*, 95:51–67, 2016.
- [33] El Aziz, M. A, Ewees, A. A, Hassanien, A. E., “Multi-objective whale optimization algorithm for content-based image retrieval,” *Multimedia Tools and Applications*, 77(19), 26135-26172, 2018.
- [34] Xiong, G., Zhang, J., Shi, D., He, Y. “Parameter extraction of solar photovoltaic models using an improved whale optimization algorithm,” *Energy conversion and management*, 174(1), 388-405, 2018.
- [35] Abdel-Basset, M. El-Shahat, D, Sangaiah, A. K. A, “modified nature inspired meta-heuristic whale optimization algorithm for solving 0–1 knapsack problem,” *International Journal of Machine Learning and Cybernetics*, 10(3), 495-514, 2019.
- [36] Danacı, M., & Alizada, B., “An Improvement Of Hybrid Whale Optimization Algorithm,” *Euroasia Journal of Mathematics-Engineering Natural & Medical Sciences*, vol.2, 60-68, 2019.
- [37] Yao X, Liu Y, Lin G. “Evolutionary programming made faster,” *IEEE Trans Evol Comput*, 3:82–102, 1999.
- [38] Digalakis J, “Margaritis K. On benchmarking functions for genetic algorithms,” *Int J Comput Math*, 77:481–506, 2001.
- [39] Molga M, Smutnicki C. Test functions for optimization needs. 2005; <https://www.robertmarks.org/Classes/ENGR5358/Papers/functions.pdf>
- [40] Yang X-S. “Firefly algorithm, stochastic test functions and design optimization,” *Int J Bio-Inspired Comput*, 2(2):78–84. 2010.

Structural Electronic and Dynamic Properties of Li₃Pb

Sinem Erden Gülebağlan ^{a,1}, Emel Kilit Dogan ^b^a Van Yüzüncü Yıl University, Van Vocational School, Department of Electric and Energy, 65080 Van, Turkey
ORCID ID: 0000-0001-9446-2211^b Van Yüzüncü Yıl University, Physics Department, Faculty of Sciences, 65080 Van, Turkey
ORCID: ID 0000-0001-7609-7206

Abstract

In this study, the structural, electronic and dynamic properties of Li₃Pb compound were examined by using Density Functional Theory within the Generalized Gradient Approximation. The lattice constant and the bulk modulus were calculated and compared with the experimental and theoretical results in the literature and the calculations were found to be consistent. The energy band and the total density of state diagrams of the Li₃Pb compound were generated and it was seen that Li₃Pb compound shows a metallic property. The values of the acoustic and the optical modes of the transverse and longitudinal branches at Γ , X, L, K, W and U high symmetry points were calculated and the phonon distribution curve was plotted against these high symmetry points. These calculations were not previously performed in the literature. It is thought that these calculations will shed light on the studies that will take place in the future.

Keywords: “Li₃Pb, Structural Properties, Dynamic Properties, Electronic Properties, Density Functional Theory”

1. Introduction

In recent years, there has been a focus on the development of nano-oxide materials as an anode material for lithium-ion batteries [1-4]. Lithium-based alloys are currently regarded as promising materials for use as negative electrode materials in Lithium-ion batteries [5]. Martos et al [6] noticed that, (electrochemically or chemically produced) lead (Pb) experiences on electrochemical reaction with lithium (Li) in the potential range 0-1 Volt forming the Li_xPb (0.5<x<4.4). Zalkin and Ramsey [7] studied the structural properties of Li₃Pb and Li₇Pb₂ compounds experimentally. Zalkin and Ramsey showed that Li₃Pb was FCC (Face Centered Cubic) and the lattice constant was 6.64 Å. Henry et al [8] reported that the coordinates of the atoms forming the Li₃Pb structure were Pb 0.0 0.0 0.0, Li (1) 0.25 0.25 0.25, Li (2) 0.5 0.5 0.5, Li (3) 0.75 0.75 0.75. Wood [9] examined Li diffusion coefficients for Li_xPb compounds and compared them with 4A group Si and Ge based compounds, using a melt synthesis technique in the study. Wang et al [10] suggested that the electrochemical reaction of PbO with Li was associated with Li₂O and six intermetallic compounds (LiPb, Li_{2.5}Pb, Li_{3.33}Pb, Li_{3.5}Pb and Li₄Pb). Tericka et al [11] measured the integral mixture enthalpy of liquid Li-Pb alloys using the calorimetric technique. Zhou et al [12] calculated the thermodynamic properties and phase limits of the LiPb system with the first principle calculations. In this study, the structural, electronic and dynamic properties of the cubic Li₃Pb compound were investigated using the Density Functional Theory with Local Density Approximation. Below, in Section 2 we give computation details. Results and discussion and conclusions are given in Sections 3 and 4, respectively.

2. Computational Details

The structural, electronic and dynamic properties of the Li₃Pb compound were investigated using the Quantum Espresso package program. The Quantum Espresso [13] package program is based on the Density Functional Theory and the plane wave theory. In the Perdew-Burke-Ernzerhof (PBE) [14] scheme, the Generalized Gradient Approximation was used and the electron-ion interaction was defined by ultrasoft Vanderbilt pseudopotential. The electronic configurations used for the pseudo potentials were taken as Li (2s¹) and Pb (4f¹⁴ 5d¹⁰ 6s² 6p²). It has been extended to the plane wave set with single particle wave functions with a cutoff energy of 70 Ry. The values of cutoff energies used in Li₃Pb are summarized in Table 1. The compound or a system becomes stable at the total energy (E_{tot}) value. In optimizations in order to shorten the procedure with a minimum error, a value of energy should be chosen that is cut off (E_{cut}) energy. For a state (e.g. ground state) the total energy is fixed but one can chose

¹ Sorumlu Yazar. Tel.: +0-432-225-1414 ; fax: +0-432-225-1415 .
E-posta adresi: sinemerden@gmail.com

different cut off energies. The bigger values of cut of energy extends the time of the procedure but minimizes errors. In other words, even if the cutoff energy changes, the total energy does not change, so the cutoff energy is 70 Ry. The total energy here is the ground state energy corresponding to the cutoff energy. As seen from Table 1, Li_3Pb compound becomes stable with the value of -9.02025, but one can chose cut off energy as 50, 70 or 80 Ry. Kinetic cutoff energy of 280 Ry is used for electronic density. For the calculations in the Brillouin Region, $14 \times 14 \times 14$ k points clusters were selected. 0.02 Ry smearing parameter was used in the calculations. In the phonon distribution curve analysis, $4 \times 4 \times 4$ q-points were used by using Monkhorst and Pack technique [15]. The dynamic properties of the Li_3Pb compound have been investigated from the self-consistent solutions of Khon-Sham equations [16].

Table 1. The total energies in the ground states for equilibrium of Li_3Pb with various cutoff energies.

E_{cut} (Ry)	10	30	50	70	80
E_{tot} (Ry)	-8.9868	-9.02023	-9.02025	-9.02025	-9.02025

3. Results and Discussion

In this study, firstly the structural properties of Li_3Pb binary intermetallic compound were investigated. Li_3Pb is in B1 phase and in cubic structure with $\text{Fm}\bar{3}\text{m}$ (225) space group [7]. The crystal structure and positions of atoms in a unit cell of Li_3Pb compound is shown in Figure 1. The compound Li_3Pb contains four atoms in its molecule and its unit cell composed of one molecule. The change in the total energy according to the volume was calculated by fitting the values to Birch Murnaghan equation. The Birch Murnaghan equation can be seen in Eq. (1). The Energy versus volume graph of Li_3Pb compound is plotted and displayed in Figure 2. After fit process we have obtained the lattice constant (a), bulk modulus (B_0) and bulk modulus pressure (B'_0) of the Li_3Pb compound.

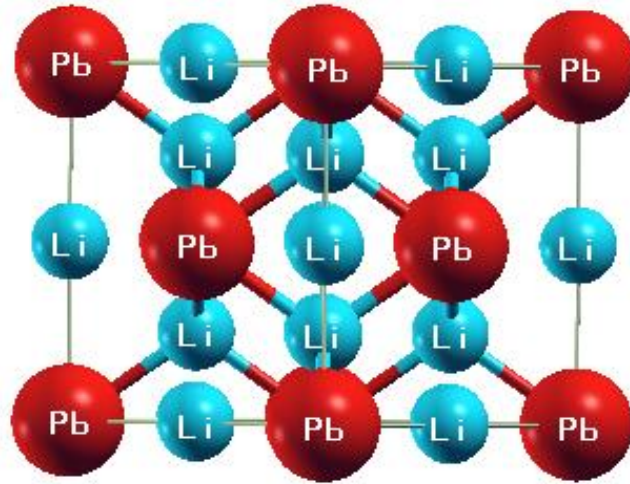


Figure 1. Crystal structure of Li_3Pb compound [16].

$$E(V) = E_0 + \frac{9V_0 B_0}{16} \left[\left(\frac{V_0}{V} \right) - 1 \right]^3 B'_0 + \left[\left(\frac{V_0}{V} \right)^{\frac{2}{3}} - 1 \right]^2 \left[6 - 4 \left(\left(\frac{V_0}{V} \right)^{\frac{2}{3}} \right) \right] \quad (1)$$

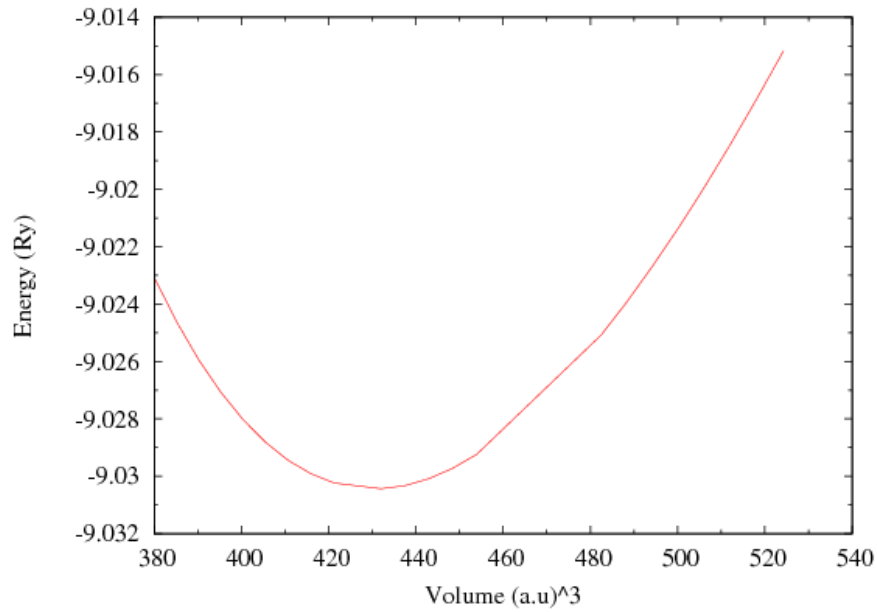


Figure 2. Energy volume of Li₃Pb compound.

$E(V)$ is the total energy as a function of volume, E_0 and V_0 are the equilibrium energy and volume values, respectively. The lattice constant, bulk modulus and pressure derivative values of the bulk modulus are given in Table 2. The lattice constant and bulk modulus obtained from the calculations were compared with the theoretical and experimental results. It is seen that our results are in a good agreement with the literature. The pressure variant of the bulk modulus of Li₃Pb compound was calculated for the first time in this study.

Table 2. The calculated lattice constant (a), bulk modulus (B_0) and bulk modulus pressure (B'_0).

	a (Å)	B_0 (GPa)	B'_0
This work*	6.375	21.50	3.647
Ref ⁶	6.697	25.50	
Ref ¹¹	6.687		

The electronic properties of Li₃Pb compounds were investigated by obtaining the electronic band structure and the total density of states graphs of Li₃Pb compound. The electronic band structure of the Li₃Pb compound was formed using the calculated lattice constants. The energy band diagram along the high symmetry points in the first Brillouin Region is shown in Figure 3. The result of total density of states is plotted for Li₃Pb compound in Figure 4. From both graphs it is seen that there is no forbidden energy band gap at Fermi level. That is, the valance and conduction bands coincide at the Fermi level. It can be said that Li₃Pb compound has a metallic property.

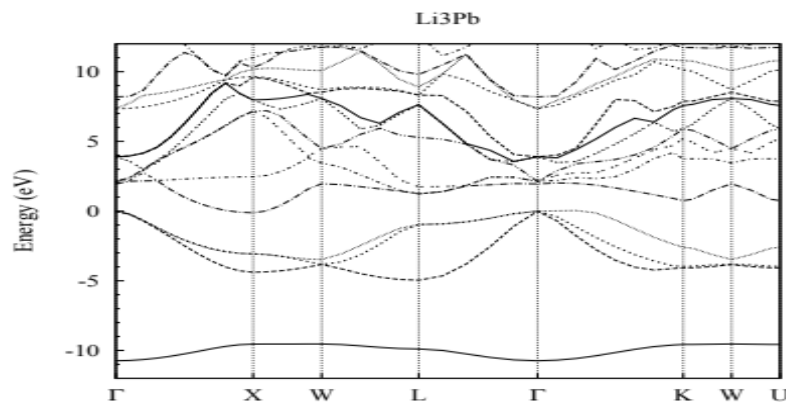


Figure 3. Band structure of Li₃Pb compound.

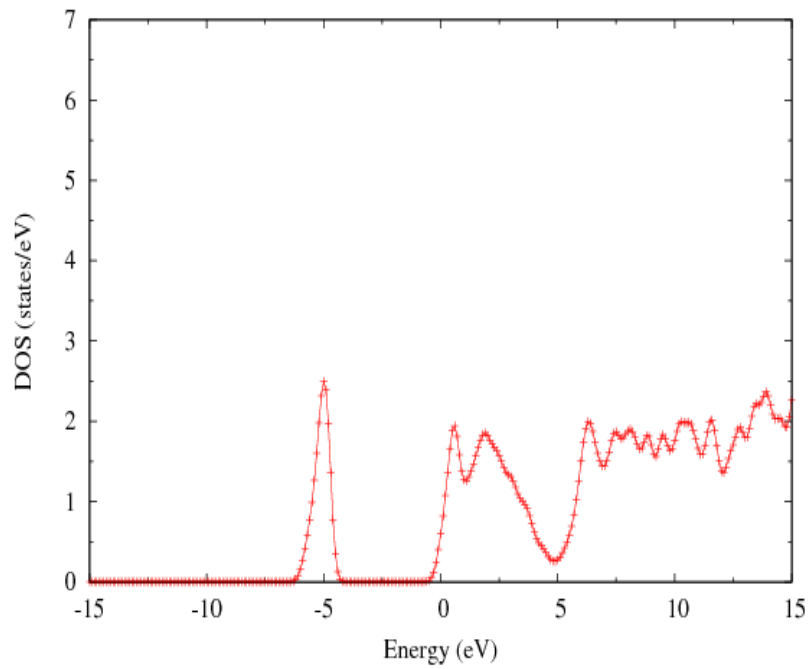


Figure 4. Total density of states of Li_3Pb compound.

Since there are four atoms in the unit cell of the Li_3Pb compound, there are twelve phonon branches. Three of the twelve phonon branches are acoustic and nine are optical branches. Figure 5 and Figure 6 show the phonon distribution curve and phonon density of states, respectively. All phonon branches of Li_3Pb compound have positive frequency values and from these graphs it is noticed that Li_3Pb have stable dynamic structure.

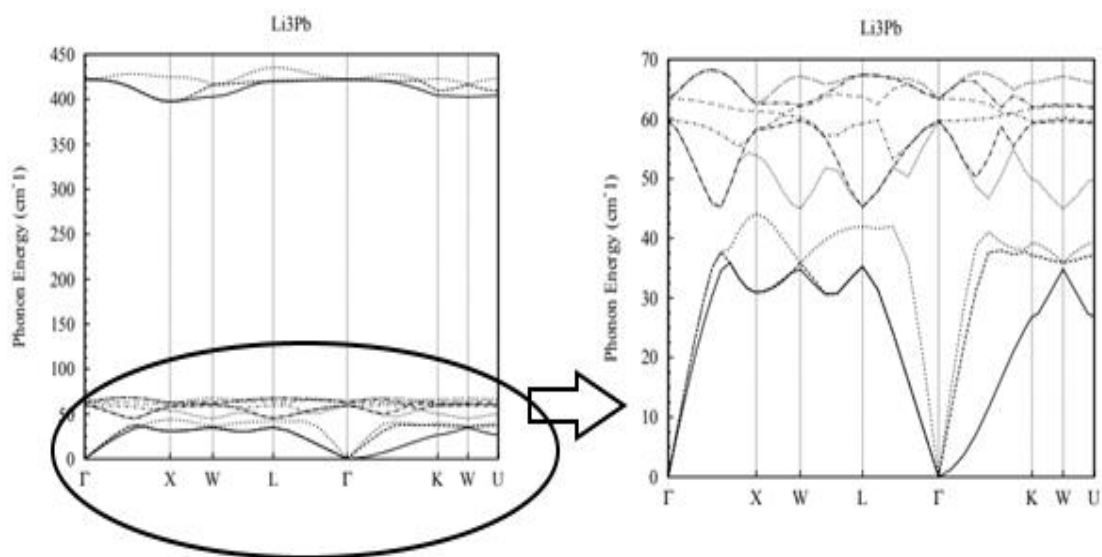


Figure 5. Phonon distribution curve and cross-section of Li_3Pb compound.

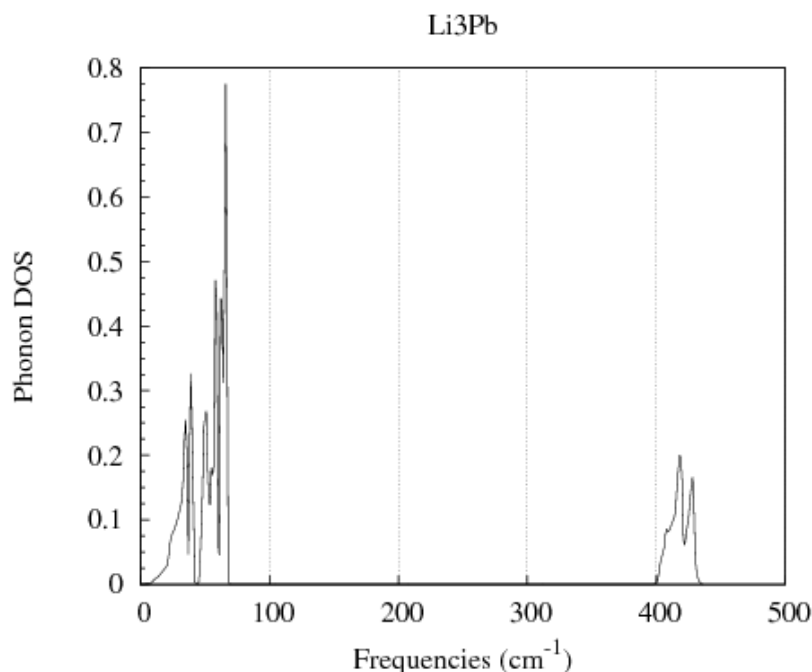


Figure 6. Calculated phonon DOS of Li₃Pb.

Since the mass ratio of the atoms forming the compound is as high as $(m_{\text{Pb}}/m_{\text{Li}}) = 29.86$, there is a large gap between the optical and acoustic modes. Degeneration is mostly in transverse optical and transverse acoustic modes. The frequency values of transverse and longitudinal acoustic and optical modes for high symmetry points such as Γ , X, L, K, W and U high symmetry points are given in cm^{-1} units.

Since there is no theoretical or experimental data to compare the values of the phonon distribution curve and phonon density of states values of Li₃Pb compound, the results which are found in this study could not have been compared but, these results are thought to be beneficial for future studies.

4. Conclusion

We have performed a first principles study in order to determine the structural, electronic and dynamic properties of Li₃Pb. First we have obtained the total energy values as a function of volume. Fitting the total energy values to the Birch Murnaghan equation, we have examined lattice parameter, bulk modulus and bulk modulus derivation. The electronic band structure and the density of states calculations show that the Li₃Pb is in metallic structure. The electronic band structure is in close agreement with experimental and theoretical results. Next, we have studied the dynamic properties of Li₃Pb and we have calculated the frequency values of transverse and longitudinal acoustic and optic modes frequency values and we have also obtained phonon density of states structure of Li₃Pb crystal. From those phonon calculations, we have show that Li₃Pb has a stable dynamic structure. It is believed that this study will be useful for further investigations of researchers on Li₃Pb compound.

References

- [1] Y. M. Sun, X. L. Hu, W. Lou, and Y. H. Huang, "Ultrafine MoO₂ nanoparticles embedded in a carbon matrix as a high-capacity and long-life anode for lithium-ion batteries", *Journal of Material Chemistry*, 22, pp. 425-431, 2012.
- [2] S. W. Ko, J. J. Lee, H. S. Yang, S. J. Park, and U. Jeong, "Mesoporous CuO particles threaded with CNTs for high-performance lithium-ion battery anodes", *Advanced Materials*, 24, pp. 4451-4456, 2012.
- [3] S. A. Needham, G. X. Wang, and H. K. Liu, "Synthesis of NiO nanotubes for use as negative electrodes in lithium ion batteries", *Journal of Power Sources*, 159, pp. 254-257, 2006.
- [4] Y. İşler, "Performance Analysis of Storage, Grid Connected Hybrid Photovoltaic System," *International Scientific and Vocational Studies Journal*, 2 (2), 118-124, 2018.

- [5] J. O. Besenhard, J. Yang, and M. Winter, "Will advanced lithium-alloy anodes have a chance in lithium-ion batteries?", *Journal Power Sources*, 68(1), pp. 87-90, 1997.
- [6] M. Martos, J. Morales, and L. Sanchez, "Lead-based systems as suitable anode materials for Li-ion batteries", *Electrochimica Acta*, 48, pp. 615-621, 2003.
- [7] A. Zalkin, and W. J. Ramsey, "Intermetallic Compounds between Lithium and Lead. I. The Structures of Li_3Pb and Li_7Pb_2 ", *The Journal of Physical Chemistry*, 60, pp. 234-236, 1956.
- [8] N. F. M. Henry, and K. Lonsdale, "International tables for X- ray crystallography", by The Kynoch Press, Birmingham, England, 1952.
- [9] S. M. Wood, and Ph.D. Thesis, "Studies of Potential Anode Materials for Lithium-Ion Batteries", The University of Texas at Austin, 2016.
- [10] D. Wang, K. Wu, L. Ren, J. Shou, J. Shui, R. Ma, X. Lin, N. Long, Y. Ren, and J. Shu, "Facile fabrication of $\text{Pb}(\text{NO}_3)_2/\text{C}$ as advanced anode material and its lithium storage mechanism", *Electrochimica Acta*, 120, pp. 110-121, 2014.
- [11] S. Terlicka, A. Dębski, and W. Gąsior, "Thermodynamic properties of Li-Pb system", *Journal of Molecular Liquids*, 249, pp. 66-72, 2018.
- [12] C. Zhou, C. Guo, C. Li, and Z. Du, "Thermodynamic optimization of the Li-Pb system aided by first-principles calculations", *Journal of Nuclear Materials*, 477, 2016 pp. 95-101, 2016.
- [13] S. Baroni, A. D. Corso, S. de Gironcoli, P. Giannozzi, C. Cavazzoni, G. Ballabio, S. Scandolo, G. Chiarotti, P. Focher, A. Pasquarello, K. Laasonen, A. Trave, R. Car, N. Marzari, and A. Kokalj, *Quantum Espresso package*, 2005. www.quantum-espresso.org/
- [14] P. J. Perdew, K. Burke, and M. Ernzerhof, "Generalized Gradient Approximation Made Simple", *Physical Review Letters*, 77, pp. 3865-3868, 1996.
- [15] H. J. Monkhorst, and J. D. Pack, "Special points for Brillouin-zone integrations", *Physical Review B*, 13, pp. 5188-5192, 1976.
- [16] W. Kohn, and L. J. Sham, "Self-consistent equations including exchange and correlation effects", *Physical Review*, 140, pp. 1133-1138, 1965.
- [17] A. Kokalj, "XCrySDen—a new program for displaying crystalline structures and electron densities", *Journal of Molecular Graphics and Modelling*, 17, pp. 176-179, 1999.

Energy Sector Analysis with Fuzzy TOPSIS

Özlem Kuvat^{a1}, Gökhan Güler^b

^a Balıkesir Üniversitesi, İİBF İşletme Bölümü Çağış Yerleşkesi Balıkesir, 10145, Türkiye,
ORCID ID: 0000-0001-7017-4557

^b Balıkesir Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü İşletme ABD, Yüksek Lisans Öğrencisi, Çağış Yerleşkesi Balıkesir, 10145, Türkiye,
ORCID ID:0000-0002-5540-1659

Abstract

Energy is the most crucial input of production and plays an important role in the economic development. Since the sector of energy interacts with the other sectors, pursuing the performance of energy companies is inevitable. In this study, the financial performance assessment of eight energy companies, whose stock certificates are processed in Borsa Istanbul, is analysed with the method of Rate Analysis using the financial statements of 2014-2017. It is aimed to compare the performance changes in the financial performance of the companies over the past four years. The company's liquidity, activity, financial leverage and profitability rates are analysed with Fuzzy TOPSIS multi-criteria decision making method.

Keywords: "Fuzzy TOPSIS, multi criteria decision making, energy sector"

1. Giriş

Kalkınma politikalarının içerisinde hayati önem taşıyan sektörlerden biri olan enerji sektörü, ekonomik ve sosyal gelişme durumunu etkileyen stratejik bir alan konumundadır. Ülkemizde de enerji tüketiminin hızlı nüfus artışı ve teknolojik dönüşüm ile birlikte ivme göstermesinden dolayı enerji sektörünün önemi günden güne artmaktadır [1]. Enerji sektöründe yer alan şirketlerin bu dönüşüm içinde de varlıklarını sürdürebilmeleri için finans yönetimlerini dikkatli bir şekilde yapmaları gerekmektedir. Finansal performans analizleri yapılırken enerji şirketlerinin finansal durumları, yatırım verimlilikleri ve risk dereceleri belirlenebilir. Hem geçmişin değerlendirilmesi hem de gelecekteki yatırım kararlarının sağlıklı bir şekilde verilebilmesi için karar vericilere destek olması amacıyla finansal performans analizleri yapılmaktadır [2].

Finansal oranlar, performans analizlerinin yapılmasında geniş bir yer tutmaktadır. Bu değerlendirmeler karar alan yatırımcı için önemli bilgiler sağlamaktadır. Finansal oranların kriter olarak ele alınıp alternatif olarak ta şirketlerin değerlendirilmesi için çok kriterli karar verme modelleri (Multi-Criteria Decision Making, MCDM) yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır [1].

Bu çalışmanın amacı hisse senetleri Borsa İstanbul'da (BIST) işlem gören enerji şirketleri üzerinde bir finansal analiz türü olan oran analizi yöntemini kullanarak likidite oranları, faaliyet oranları, finansal kaldıraç ve karlılık oranlarının çok kriterli karar verme yöntemlerinden biri olan Bulanık TOPSIS (Fuzzy Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) yöntemi ile analiz edilerek şirketlerin karşılaştırmalı derecelendirmesini yapmaktır.

Çalışmada karşılaştırmaların yapılabilmesi için BIST'te kayıtlı sekiz enerji şirketinin 2014-2017 yıllarına ilişkin finansal performans değerlendirmesi Bulanık TOPSIS yöntemi ile yapılmıştır. Çalışmanın ikinci bölümünde finansal analiz konusuna değinilmiş, üçüncü bölümde literatür taraması yapılmıştır. Dördüncü bölümde yöntem ve veri analiz süreci tanıtılmıştır. Beşinci bölümde uygulama ve elde edilen bulgulara yer verilmiş, sonuç kısmında ise sonuçlar değerlendirilerek öneriler sunulmuştur.

2. Finansal Analiz

Finansal analiz işletmenin ilgili kişilerinin amaçlarına uygun bir şekilde bir veya birkaç döneme ilişkin finansal tablolarda yer almakta olan kalemlerin göz önüne alınarak kendi aralarında ve bütünlükle olan ilişkilerinin çeşitli analiz tekniklerinin kullanımıyla incelenmesi, yorumlanması ve de işletmenin içinde bulunduğu şartların da dikkate alınmasıyla yapılan değerlendirme işlemidir

¹ Sorumlu Yazar. Tel.: +90 266 249 65 35; fax: +90 266 249 34 14
E-posta adresi: ohasgul@balikesir.edu.tr

[3]. Finansal analiz yapılmasının amacı finansal tablolardaki çeşitli kalemler arasında ilişkiler kurularak işletmenin durumunu ortaya koymaktır. Finansal analiz yapılarak hem mevcut durumu hem de geçmişteki finansal koşulları birlikte değerlendirilebilmektedir. Bu şekilde işletmelerin hem güçlü hem de zayıf yönleri ortaya konur ve gelecekle ilgili olarak daha sağlıklı, daha akılcı planlar yapmak mümkün olabilmektedir. İşletmelerin cari durumlarını analiz etmeden iyi bir planlama yapmak, politika geliştirmek mümkün olmamaktadır [4].

Çalışmada finansal analiz yapma amacıyla kullanılan oranlar ele alınan sektörün de değerlendirilmesiyle uzman görüşlerinden yararlanarak belirlenmiştir. Likidite, finansal yapı, faaliyet ve karlılığa ilişkin olarak ele alınan toplam 10 tane finansal oran ve açıklaması Tablo 1’de sunulmaktadır.

Tablo 1. Finansal oranlar

Oran Grubu	Kod	Oran ve Açıklaması
Likidite Oranları	LO1	Cari Oran= Dönen Varlıklar /Kısa Vadeli Yabancı Kaynaklar =Dönen varlıklar/Kısa Vadeli Borçlar
	LO2	Asit-Test Oranı = (Dönen Varlıklar- Stoklar)/Kısa Vadeli Borçlar
Finansal Oranlar	MYO1	Kaldıraç Oranı= Yabancı Kaynaklar/Aktif (Varlıklar) Toplamı = Toplam Borçlar/Toplam Varlıklar
	MYO2	Borçların Özsermayeye Oranı= Toplam Borçlar/Özsermaye
Faaliyet Oranları (Etkinlik Oranları)	FO1	Alacak Devir Hızı= Kredili Net Satışlar/Ortalama Ticari Alacaklar
	FO2	Öz Sermaye Devir Hızı= Net Satışlar/Ortalama Özsermaye
	FO3	Net Çalışma Sermayesi Devir Hızı= Net Satışlar/Ortalama Net İşletme Sermayesi
Karlılık Oranları	KO1	Esas Faaliyet Karlılığı =Esas Faaliyet Karı/Net Satışlar
	KO2	Aktif Karlılık Oranı= Net Kar/Toplam (Varlıklar) Aktifler
	KO3	Öz Sermaye Karlılık Oranı= Net kar /Özsermaye

Kaynak [5], [6], [3], [7].

3. TOPSIS Yönteminin Finansal Analizde Kullanıldığı Çalışmalar

Zopounidis, Galariotis, Doumpos, Sarri, Andriosopoulos (2015) [8]’un yaptıkları çalışmada finansal karar alma konularında TOPSIS ve çok kriterli karar verme yöntemlerinin kullanım alanlarına göre sınıflandırıldığı çalışmalar bibliyografik olarak özetlenmiştir. TOPSIS yönteminin finansal analiz için kullanıldığı çok sayıda çalışma mevcuttur. Literatürde yapılan çalışmaların çoğunda finansal oranlar yorumlanırken değerlendirme kriterleri olarak, kesin sayılar ve ikili mantık kullanımı tercih edilmektedir. Örnek olarak cari oran değeri 2 ise “iyi”; 1,60 ile 2,40 arasında ise “kabul aralığındadır” şeklinde yorumlanır. İşletmelere ilişkin elde edilen 2,01 değeri de; 2,15 değeri de referans değerden yüksek olarak değerlendirilmektedir. Bu sonuçlara göre iki işletmenin performansı aynıdır. Ancak, bu iki değer birbirinden farklıdır. Burada örnekte verilene benzer belirsizlikleri hesaba katarak karar verebilmek için bulanıklaştırılmış finansal oranlar kullanılarak ta yapılan çalışmalar mevcuttur [6].

Yıldız (2008) [9]’a göre; oranlar yöntemiyle ile finansal analizde karşılaşılan problemlerden birincisi karşılaşılan finansal oranın iyi veya kötü olarak yorumlanmasında yaşanan sıkıntıdır. İkinci olarak farklı finansal oranların birlikte değerlendirilmesi için bir yöntemin bulunmamasıdır. Problemin klasik mantıktaki iki değerli yapıya bağlı olması nedeniyle, finansal oranların analizinde ve yorumlanmasında klasik bilgi işlem teknolojileri yeterince kullanılamamaktadır. Bu nedenle finansal analiz çoğunlukla insan merkezli olarak yerine getirilmektedir. Bulanık mantık bu aşamada oldukça uygun bir olanak sunmaktadır. Çünkü bulanık mantık, insan muhakeme şekline çok benzer şekilde çıkarımlar yapabildiği için bulanık mantık teorisi ve bulanık uzman sistem teknolojisi, oranlar yöntemiyle finansal analiz yapma amacıyla geliştirilecek sistemler için uygun bir araçtır. Örneğin Yıldız (2008) [9] 18 finansal oranın incelendiği bir çalışma gerçekleştirmiştir. Ecer, Vurur ve Özdemir (2009) [10], çimento sektöründe optimal portföy oluşturma amacı ile bulanık TOPSIS kullanmışlardır. 10 enerji şirketi için 2006 yılına ait 10 finansal rasyoyu değerlendirmişlerdir. Chen, Li, Dong ve Pan (2013) [11] Shanghai, Shenzhen için portföy seçiminde kısıtlı bulanık AHP (CFAHP) ve Bulanık TOPSIS yöntemini kombine ederek kullanmışlardır. 3 kriter grubu için 8 kriteri değerlendirmişler ve 8 alternatifi dikkate almışlardır. Wang (2014) [12], Taiwan konteyner taşıma işletmelerinin finansal performanslarının değerlendirilmesi için 4 grupta 21 işletmeyi 3 dönem için Bulanık TOPSIS ile değerlendirmiştir. Shaverdi, Ramezani, Tahmasebi ve Rostamy [13] (2016)’da yaptıkları çalışmada performans değerlendirmesi için finansal oranların dikkate alındığı çalışmalarında Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS kullanmışlardır. 17 kriteri ele alarak 7 şirket için sıralama yapmışlardır. Jakšić, Moljević, Aleksić, Misita, Arsovski, Tadić ve Mimović, [14] (2016)’da Sırbistan bankacılık sistemi için yaptıkları çalışmada 2010-2015 dönemi için 12 bankayı ele alarak 19 kriter için sıralama çalışmasını bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Aytekin ve Karamaşa [15] (2017)’de yaptıkları çalışmada BIST’te yer alan 5 sigorta

şirketinin 6 finansal olan kriterine göre değerlendirilmesini Bulanık TOPSIS yöntemini kullanarak gerçekleştirmişlerdir. Ece ve Uludağ (2017) [16] optimal portföy seçimi uygulaması için BİST’te 15 firmayı ele alarak 5 ayrı grupta tanımlanmış 21 kriteri dikkate alarak Bulanık TOPSIS uygulaması yapmışlardır. Markowitz portföy optimizasyonu yapmışlar, Bulanık TOPSIS yönteminin bu alanda kullanılabilirliğini göstermişlerdir. Perçin ve Aldalou (2018) [17] Bulanık AHP ve Bulanık TOPSIS yönteminin bütünlük bir şekilde kullanarak havacılık sektöründe çalışan işletmelerin finansal performanslarını değerlendirmişlerdir. 14 kriteri Türk Havayolları ve Pegasus şirketlerinin değerlendirilmesinde kullanmışlardır. Bu çalışmalar alternatiflerin değerlendirilmesi için finansal oran kriterlerinin ele alınma konusunda Bulanık TOPSIS yönteminin uygun bir yöntem olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Çalışmalarda yaygın olarak dikkate alınan oranlar; Cari oran, Likidite Asit-Test Oranı, Nakit Oran, Kaldıraç Oranı, Kısa Vadeli Borç/ Toplam Kaynaklar, Maddi duran Varlıklar/Özsermaye, Ekonomik rantabilite, Alacak devir hızı, Özsermaye devir hızı, Çalışma sermayesi devir hızı, Net kar marjı, Özsermaye karlılığı, Varlık Karlılığı, Satış Karlılığı, Faiz Karşılama Oranı şeklinde gerçekleşmiştir.

Enerji sektörüne ilişkin de yapılmış çalışmalar mevcuttur. Eyüboğlu ve Çelik [1] (2016) yılında yaptıkları çalışmada 2008-2013 yılları için 13 enerji şirketinin bulanık AHP ile Bulanık TOPSIS değerlendirilmesini yapmışlardır. 5 grupta toplanmış 15 kriteri ana kriterler ve alt kriterler şeklinde puanlandırmışlardır. AHP ile elde edilen ağırlıkları TOPSIS için uyarlayarak şirketlerin sıralanmasını sağlamışlardır. Büyüme, faaliyet, kaldıraç karlılık ve likidite oran kriterlerine göre AVTUR, TRCAS ve AKSUE yüksek, AKENR ve ZOREN düşük performanslı olarak bulunmuştur. Sakarya, Yıldırım ve Akkuş [18] (2015)’te yaptıkları çalışmada Enerji şirketlerinin mali performanslarını incelemek amacıyla 2010-2014 dönemi için BİST’de işlem gören 14 enerji şirketinin değerlendirilmesini yapmışlardır. Cari, Kaldıraç, Özkaynaklar/Pasifler, Finansman, KVKYK/toplam pasifler, Duran Varlıklar/ (Özkaynaklar+UVYK), Aktif devir hızı, Özkaynak devir hızı, özsermaye karlılığı, aktif karlılığı oranlarını eşit ağırlıklı bir şekilde dikkate alarak yaptıkları sıralamada AVTUR, AKSUE, TUPRS, EMKEL, ZOREN, TRCAS, ANELE, AKENR, AKSEN, PETKM, GEREL, IPEKE, AYEN, AYGAZ sırasını elde etmişlerdir.

4. Bulanık TOPSIS

Gerçek hayatta birçok olay karşısında klasik mantık yetersiz kalabilmektedir. Örneğin havanın sıcak olup olmadığı sorulduğunda yanıt olarak “evet sıcak” denebileceği gibi “serin”, “biraz sıcak” şeklinde yanıtlar da verilebilir. İnsanların düşünme ve bilgi işleme biçimi benzer belirsizlikleri içeren bilgileri işleyebildiği halde geleneksel bilgisayar teknolojileri böyle bilgilerle başa çıkamamaktadır. Bulanık mantık (fuzzy logic) bu ihtiyaca yanıt vermeye çalışmaktadır [19].

1965 yılında ise Lotfi A. Zadeh "Bulanık Kümeler" isimli bir makale yayınlamıştır ve bu çalışma ile bulanık mantık yaklaşımında ilk kez ciddi bir adım atılmıştır. Zadeh bu makalesinde gerçekte karşılaşılan nesne sınıfları için kesin olarak tanımlanmış bir üyelik kriterinin olmadığından bahsetmiştir. Süreklilik dereceli bir yaklaşım içeren bulanık küme kavramını açıklamıştır [20]. Günlük hayatımızda bulanık mantık yaklaşımı birçok alanda kullanılmaktadır. İlk uygulama 1970’li yıllarda Ebrahim H. Mamdani tarafından gerçekleştirilmiştir. Uzman sistem ile çalışan buhar makinesi geliştirilmiştir. Bugün bulanık mantığın kullanım alanlarına çamaşır makinesinden fotoğraf makinesine kadar pek çok ürünün üretimi dahildir. Özellikle Japonlar bu konuda sistemlerini geliştirme amacıyla büyük yatırımlar yapmaktadırlar [19].

Bulanık mantığın kullanım alanlarından biri de çok kriterli karar verme problemleridir. Alternatifler arasında en uygun olanının seçimi için yaygın olarak kullanım alanı bulan yöntemlerden birisi de Bulanık TOPSIS, BTOPSIS (FTOPSIS) yaklaşımıdır. Bulanık TOPSIS yönteminde alternatiflerin değerlendirilmesi sırasında faydalanılan dilsel ifadelerin üçgen sel bulanık sayı karşılıkları vardır. Tablo 2’de alternatiflerin ve kriterlerin değerlendirilebilmesi için kullanılan sözel (dilsel) ifadeler ve üçgen sel bulanık sayı karşılıkları verilmektedir [21]:

Tablo 2. Sözel (dilsel) değişkenler ve karşılıkları

Sözel İfadeler (A)	Sözel İfadeler (B)	Bulanık Sayı
Çok İyi (Çİ)	Çok Yüksek (ÇY)	9 ; 10 ; 10
İyi (İ)	Yüksek (Y)	7 ; 9 ; 10
Orta İyi (OI)	Orta Yüksek (OY)	5 ; 7 ; 9
Orta (O)	Orta (O)	3 ; 5 ; 7
Orta Kötü (OK)	Orta Düşük (OD)	1 ; 3 ; 5
Kötü (K)	Düşük (D)	0 ; 1 ; 3
Çok Kötü (ÇK)	Çok Düşük (ÇD)	0 ; 0 ; 1

Chen [21] tarafından 2000 yılında geliştirilen Bulanık TOPSIS yöntemine ait uygulama adımları aşağıda verilmektedir:

İlk adım olarak k karar vericinin m tane alternatif, n tane seçim kriterine karşılık değerlendirme yapması sağlanır. Alternatifler $A_i = (1,2,3, \dots, m)$ ve seçim kriterleri $C_j = (1,2,3, \dots, j)$ dikkate alınarak ağırlık vektörü ve karar matrisi

oluşturulur. Alternatiflerin kıyaslanmasında ve ele alınan kriterlerin önem düzeylerinin belirlenmesinde sözel değişkenler kullanılır. Karar vericilerin sözel değişkenler ile yaptıkları değerlendirmeler bulanık sayılar şeklinde ifade edilir. Burada karar matrisi, seçim kriteri olan C_j bakımından A_i alternatifinin fayda derecesini ifade etmektedir. Ağırlıklar ve karar matrisi ifade edilişi biçimi sırasıyla Denklem 1 ve Denklem 2’de verilmektedir [21, 22, 23].

$$\tilde{W} = (\tilde{w}_1, \tilde{w}_2, \dots, \tilde{w}_n) \quad (1)$$

$$\tilde{D} = \begin{bmatrix} \tilde{x}_{11} & \tilde{x}_{12} & \dots & \tilde{x}_{1n} \\ \tilde{x}_{21} & \tilde{x}_{22} & \dots & \tilde{x}_{2n} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ \tilde{x}_{m1} & \tilde{x}_{m2} & \dots & \tilde{x}_{mn} \end{bmatrix} \quad \tilde{D} = \tilde{x}_{ij}, \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

Yöntemin ikinci adımı olarak; normalizasyon işlemi yapılmaktadır. Normalize edilmiş karar matrisi \tilde{R} ile ifade edilebilir. Normalizasyon işlemleri sırasında değerlendirilen kriterler fayda ve maliyet kriterleri olarak ikiye ayrılabilir. Normalize edilmiş karar matrisi Denklem 3’te sunulmaktadır [22].

$$\tilde{R} = [\tilde{r}_{ij}]_{mn} \quad i = 1, 2, \dots, m; \quad j = 1, 2, \dots, n \quad (3)$$

Burada \tilde{r}_{ij} değerleri hesaplanırken B fayda kriteri kümesini, C ise maliyet kriteri kümesini göstermektedir. \tilde{r}_{ij} değerleri Denklem 4’te verildiği gibi hesaplanmaktadır. [0,1] aralığında üçgensel bulanık sayılar dikkate alındığında c_j^* ve a_j^- ’nin hesaplanması Denklem 5’te verildiği gibi olmaktadır [21, 24].

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_{ij}}{c_j^*}; \frac{b_{ij}}{c_j^*}; \frac{c_{ij}}{c_j^*} \right), j \in B \quad (4)$$

$$\tilde{r}_{ij} = \left(\frac{a_j^-}{c_{ij}}; \frac{a_j^-}{b_{ij}}; \frac{a_j^-}{a_{ij}} \right), j \in C$$

$$c_j^* = \max(c_{ij}) \forall i = 1, 2, \dots, m \in B \quad (5)$$

$$a_j^- = \min(a_{ij}) \forall i = 1, 2, \dots, m \in C$$

Yöntemin üçüncü adımında ağırlıklı normalizasyon değerleri elde edilir. Her bir karar kriterinin birbirinden farklı önem derecesine sahip olması mümkün olduğundan, ağırlıklandırılmış normalize karar matrisi \tilde{V} Denklem 6’da verildiği şekilde elde edilir [21].

$$\tilde{V} = [\tilde{v}_{ij}]_{mn} \quad \tilde{V}_{i,j} = \tilde{r}_{i,j} \otimes \tilde{w}_j \quad (6)$$

$$\forall i = 1, 2, \dots, m \text{ ve } \forall j = 1, 2, \dots, n$$

Dördüncü adımda ise her bir alternatif için bulanık pozitif (A^* , FPIS) ve bulanık negatif ideal çözüm (A^- , FNIS) değerleri Denklem 7’de verildiği şekilde bulunur [21].

$$A^* = (\tilde{V}_1^*, \tilde{V}_j^*, \dots, \tilde{V}_n^*) \text{ ve } \tilde{V}_{j^*} = (1, 1, 1) \quad (7)$$

$$A^- = (\tilde{V}_1^-, \tilde{V}_j^-, \dots, \tilde{V}_n^-) \text{ ve } \tilde{V}_{j^-} = (0, 0, 0) \quad j = 1, 2, \dots, n$$

Beşinci adımda ise her bir alternatifin pozitif ve negatif ideal çözüme uzaklıkları Denklem 8’de verildiği şekilde hesaplanmaktadır. Bulanık pozitif ideal çözüme olan uzaklık d_i^* ve bulanık negatif ideal çözüme olan uzaklık d_i^- olarak gösterilmektedir [21].

$$d_i^* = \sum_{j=1}^n d(\tilde{V}_{ij}; \tilde{V}_{j^*}) \quad (8)$$

$$d_i^- = \sum_{j=1}^n d(\tilde{V}_{ij}; \tilde{V}_{j^-})$$

Altıncı adımda ise CCI yakınlık indeksini ifade etmek üzere, her bir alternatif için yakınlık katsayısı hesaplanır. Her bir alternatifin yakınlık katsayısı Denklem 9’da verildiği gibi hesaplanır.

$$CC_i = \frac{d_{i-}}{d_{i+} + d_{i-}} \quad i = (1,2,\dots,m) \quad (9)$$

CC_i , 1’e yaklaştıkça ilgili alternatif için pozitif ideal çözüme (A^*) yaklaştığını ve negatif ideal çözümden (A^-), ise uzaklaştığını göstermektedir. Buradan yola çıkılarak yakınlık katsayılarının azalan şekilde sıralaması yapılır [24].

5. İşletmelerin Finansal Performanslarının Bulanık TOPSIS Yöntemi ile Değerlendirilmesi

Enerji sektörü bir ülkenin kalkınma politikaları içinde en önemli sektörden biri olarak ön plana çıkmaktadır [25]. Enerji sektörü diğer tüm sektörlerin temel girdilerinden birisi olduğundan dolayı stratejik bir önem taşımaktadır [26]. Enerji sektöründe faaliyet gösteren şirketlerin başarılı finans sistemine olabilmeleri için etkili bir finans yönetimine sahip olması gerekmektedir. Enerji şirketleri için de finansal analiz yapılırken en çok kullanılan tekniklerden biri oran analizidir. Bu çalışmada rekabet gücünün belirlenmesi, borçlanma durumu, karlılık durumu gibi özelliklerin ortaya konabilmesi için enerji şirketlerinin finansal performansları Bulanık TOPSIS (BTOPSIS) yöntemi ile ölçümlenmiştir. Bu şekilde karşılaştırmalı olarak şirketler arasında kıyaslama ve sıralama yapılabilmesi ve ayrıca rasyoların değerlendirilmesinde uzman görüşlerinin bulanık sayı dönüşümlerinin kullanılabilmesi hedeflenmiştir.

Bu çalışmada, hisse senetleri BIST Enerji Sektöründe işlem gören sekiz enerji şirketinin 2014-2017 yıllarına ilişkin finansal performans değerlendirilmesi yapılmıştır. Araştırma verileri, Financial Information News Network (FINNET) Analiz Expert veri tabanından (<https://www.finet.com.tr/>) [27] akademik çalışma amacıyla sağlanmıştır. Finansal tabloları kullanılarak, şirketlerin finansal performansları BTOPSIS yöntemi ile analiz edilmiş ve şirketlerin dört yıl boyunca meydana gelen performans değişikliklerinin karşılaştırılması amaçlanmıştır. Analiz kapsamında performansları değerlendirilen enerji şirketleri Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3. Analiz edilen enerji şirketleri

Borsa Kodu	Alternatif Kodu	Şirketin Adı
AKENR	A(1)	AKENERJİ ELEKTRİK ÜRETİM A.Ş.
AKSEN	A(2)	AKSA ENERJİ ÜRETİM A.Ş.
AKSUE	A(3)	AKSU ENERJİ VE TİCARET A.Ş.
AYEN	A(4)	AYEN ENERJİ A.Ş.
BMELK	A(5)	BOMONTİ ELEKTRİK MÜHENDİSLİK MÜŞAVİRLİK İNŞAAT TURİZM VE TİCARET A.Ş.
ENJSA	A(6)	ENERJİSA ENERJİ A.Ş.
ODAS	A(7)	ODAŞ ELEKTRİK ÜRETİM SANAYİ TİCARET A.Ş.
ZOREN	A(8)	ZORLU ENERJİ ELEKTRİK ÜRETİM A.Ş.

Uygulama hisse senetleri BIST’de işlem gören 8 enerji şirketi üzerinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada şirketlerin 2014-2017 yılları arasında gerçekleşen finansal oranları arasında, yatırımcılar için en uygun olan yatırımı belirleme kararı alınmaktadır. Bu kararın alınmasında etkili çözümler sunan ve uygulanması kolay, aynı anda çok sayıda kriteri dikkate alarak analiz edebilen bir yöntem olduğu için BTOPSIS yönteminin kullanılması uygun görülmüştür. Bu çalışmada BTOPSIS yöntemi Chen’in geliştirdiği algoritma esas alınarak uygulanmıştır [21].

Oran kriterlerinin ağırlıklandırılması ve şirketlerin sıralanması amacıyla iki adet form kullanılmıştır. Öncelikle birinci formda kriterlerin ağırlıklandırılması amacıyla konusunda uzman kişilere kriterleri değerlendirmeleri için Tablo 1’de açıklaması verilen oran kriterlerini Tablo 2’deki Sözel İfadeler (B) kısmında yer alan dilsel değişkenleri kullanarak değerlendirmeleri istenmiştir. Değerlendirme sonuçları üçgensel bulanık sayılara dönüştürülmüştür. Uzmanların değerlendirmelerine göre öncelikle kriter ağırlıkları bulanık olarak saptanmıştır. Daha sonra ikinci form ile Tablo 3’te yer alan şirketlerin 4 yıl için bu oranlara göre değerlendirilmeleri istenmiştir. Karar verici uzmanlar formda bulunan finansal değerler için Tablo 2’deki Sözel İfadeler (A) kısmında yer alan dilsel değişkenleri kullanarak değerlendirme yapmışlardır. BIST’de işlem gören 8 enerji şirketinin finansal performans ölçümünde belirlenen on adet oran her bir şirket için ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Daha sonra Bulanık TOPSIS ile sıralama gerçekleştirilmiştir. BTOPSIS için verilerin işlenmesinde ve hesaplama aşamasında MS Excel programı kullanılmıştır.

5.1. Bulanık Karar Matrisinin Oluşturulması

Bulanık karar matrisi dilsel değerlendirme karşılıklarına göre oluşturulan matristir. Öncelikli olarak karar vericilerin değerlendirdiği dilsel notları bulanık üçlü sayılara çevrilmektedir. Her değerlendirmenin karşılığı olan bulanık üçlü sayı sistemi

yazılmaktadır. Örneğin “O” dilsel notunu kullanmış olan bir karar vericinin sayısal karşılık olarak Tablo 3’te belirtildiği gibi karşılıkları 5;7;9 değerlerini alacaktır. Bu şekilde her uzman için yani 10 uzmanın değerlendirmelerinin bulanık üçlü sayı karşılıkları yazılmıştır. Son olarak Denklem 2 kullanılarak çıkan sonuçlarla bulanık karar matrisi oluşturulmuştur. Örnek olarak 2017 yılının LO1 kriterine göre A1 firmasının karar matrisinin oluşturulması ele alındığında işlemler Denklem 10’da verildiği şekilde gerçekleştirilmektedir.

$$X_{11} = (1/10) * [(0,1,3) + (0,0,1) + (1,3,5) + (0,1,3) + (0,1,3) + (0,0,1) + (1,3,5) + (0,1,3) + (0,1,3) + (0,0,1)] d_i^- \quad (10)$$

Her üçlü sayının ilk terimleri alınarak $0+0+1+0+0+0+1+0+0+0=2$ hesaplanır. Çıkan sonuç 10 sayısına bölünerek 0,20 sayısı elde edilir. Yukarıda verilen dizinin 2. ve 3.terimleri de 1,10 ve 2,80 bulunur. Böylelikle A1 firması için LO1 kriterine göre karar matrisinin bulanık üç sayısı oluşturulmuş olur. Yani 0,20; 1,10; 2,80 bulanık üçlü sayısı elde edilir. Bu işlem bütün matrisinde her bir kriterler ve alternatif için tekrar edilir. Sonuç olarak bulanık karar matrisleri elde edilmiş olur. Oluşturulan 2017 yılı bulanık karar matrisinin 3 şirket için örneği Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4. 2017 yılı bulanık karar matrisi (3 şirket için)

Kriter	A1	A2	A3
LO1	0,20	1,10	2,80
LO2	0,40	1,60	3,40
MYO1	3,00	4,70	6,40
MYO2	3,00	4,60	6,40
FO1	8,40	9,60	9,90
FO2	1,70	3,00	4,80
FO3	1,50	2,90	4,70
KO1	2,30	3,70	5,40
KO2	0,90	1,10	2,10
KO3	0,00	0,00	1,00

5.2. Normalizasyon

Bulanık karar matrisinin oluşturulmasının ardından normalize karar matrisi hesaplanmaktadır. Normalize edilmiş matrisi oluşturmak için bulanık karar matrisinin satırları dikkate alınır. Tablo 4’te oluşturulmuş olan bulanık karar matrisinde her bir enerji şirketinin durumu üçlü bulanık sayı ile ifade edilmektedir. Sekiz firma için $10*3=30$ yani LO1 kriteri için 30 sayı içinden en büyük sayı seçilir. 2017 yılı için 8,20 sayısı o satır için yani LO1 kriteri için maksimum değerdir. Ardından ilk sütundan başlayarak maksimum değerine bölünür $0,20/8,20=0,024$ sayısı elde edilir. Bu işlem diğer kriterler için de tekrar edilir. İşlemler sonucunda elde edilen 2017 yılı normalize karar matrisi 3 şirket örneği Tablo 5’de verilmiştir.

Tablo 5. 2017 yılı normalize bulanık karar matrisi (3 şirket için)

Kriter	A1	A2	A3
LO1	0,024	0,134	0,341
LO2	0,045	0,182	0,386
MYO1	0,390	0,610	0,831
MYO2	0,353	0,541	0,753
FO1	0,848	0,970	1,000
FO2	0,177	0,313	0,500
FO3	0,268	0,518	0,839
KO1	0,230	0,370	0,540
KO2	0,095	0,116	0,221
KO3	0,000	0,000	0,100

5.3. Ağırlıklı Normalize Edilmiş Bulanık Karar Matrisi ve İdeal Çözümler

Ağırlıklı normalize karar matrisini oluşturmak için öncelikle kriterlerin önem ağırlıklarının bulanık karar matrisi bulunur. Bunun için kriterlerin önem ağırlıklarına ait uzmanların karşılaştırma sonuçları, üçgen bulanık sayılara dönüştürülmüştür. Kriterlerin önem ağırlıkları bulanık karar matrisi Tablo 6’da verilmiştir.

Tablo 6. Kriter önem ağırlıkları bulanık karar matrisi

Kriterler			
LO1	0,78	0,94	1,00
LO2	0,62	0,80	0,92
MYO1	0,76	0,91	0,98
MYO2	0,52	0,72	0,88
FO1	0,52	0,71	0,87
FO2	0,47	0,65	0,81
FO3	0,56	0,76	0,91
KO1	0,82	0,95	0,99
KO2	0,78	0,94	1,00
KO3	0,60	0,79	0,92

Bu matris elde edildikten sonra normalize edilmiş matris ile bulanık ağırlıklar matrisinin dizileri kullanılarak ağırlıklandırılmış normalize edilmiş karar matrisi oluşturulur. Bu çalışmada dört yıllık bir dönem için değerlendirme yapılmıştır. Dört yıl için de aynı ağırlık değerleri kullanılmıştır.

Normalize edilmiş matrister LO1 kriterinin A1 firması için oluşmuş bulanık üçlü sayısı (0,024; 0,134; 0,341) r_{ij} , bulanık önem ağırlıkları matrisinde LO1 kriteri için oluşmuş olan bulanık üçlü sayılarla (0,78, 0,94, 1,00) w_j sayıları çarpılarak (örnek olarak $0,024 \times 0,78 = 0,019$) ağırlıklı normalize değerler elde edilir. Bu işlem normalize edilmiş matrisin tamamına uygulanarak 2017 yılı ve 3 şirket örnek alınarak elde edilen ağırlıklandırılmış normalize bulanık karar matrisi Tablo 7’de verilmiştir.

Enerji şirketleri 10 kritere göre değerlendirildiğinden 10 tane pozitif (d_i^+) ve 10 tane negatif (d_i^-) ideal çözüm noktası bulunmaktadır. Bu değerler Denklem 11’de verilmektedir.

$$d_i^+ = [(1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1), (1,1,1)] \quad (11)$$

$$d_i^- = [(0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0), (0,0,0)]$$

Tablo 7. 2017 Yılı ağırlıklandırılmış normalize bulanık karar matrisi (3 şirket için)

Kriter	A1			A2			A3		
LO1	0,019	0,126	0,341	0,342	0,608	0,841	0,010	0,092	0,293
LO2	0,028	0,145	0,355	0,183	0,391	0,638	0,007	0,055	0,209
MYO1	0,296	0,555	0,815	0,296	0,555	0,815	0,296	0,567	0,827
MYO2	0,184	0,390	0,663	0,196	0,407	0,683	0,226	0,449	0,735
FO1	0,441	0,688	0,870	0,147	0,330	0,580	0,074	0,194	0,404
FO2	0,083	0,203	0,405	0,313	0,569	0,810	0,024	0,074	0,219
FO3	0,150	0,394	0,764	0,120	0,339	0,699	0,230	0,516	0,878
KO1	0,189	0,352	0,535	0,558	0,808	0,941	0,525	0,770	0,911
KO2	0,074	0,109	0,221	0,657	0,910	1,000	0,000	0,010	0,126
KO3	0,000	0,000	0,092	0,528	0,782	0,920	0,000	0,000	0,092

5.4. 1’e ve 0’a Olan Uzaklıkların Hesabı

Ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi kullanılarak, pozitif uzaklık ve negatif uzaklık değerleri hesaplanır. Hesaplama Vertex metodu kullanılarak iki üçgen bulanık sayı olan $m=m_1, m_2, m_3$ ve $n=n_1, n_2, n_3$ arasındaki uzaklık belirlenir. Farklar Denklem 12’de verildiği şekilde hesaplanır [21].

$$d(m, n) = \sqrt{\frac{1}{3} \times [(m_1 - n_1)^2 + (m_2 - n_2)^2 + (m_3 - n_3)^2]} \quad (12)$$

Karar matrisindeki elemanlar öncelikli olarak pozitif uzaklık için (1,1,1) sayısından, negatif uzaklık için (0,0,0) sayısından çıkartılır. Vertex metodu uygulandıktan sonra çıkan sonuçlar pozitif uzaklık ve negatif uzaklık değerleri için ayrı ayrı toplanır [28].

Örneğin 2017 yılı A1 için ağırlıklı normalize bulanık karar matrisi Tablo 7'deki matrise göre uzaklık hesabı için kriterin karşısındaki üçlü sayı (0,024; 0,134; 0,341) dikkate alınır. Bu sayıların, pozitif olan uzaklığı hesaplanırken (1,1,1) değerine, negatif olan uzaklığı hesaplanırken (0,0,0) değerine uzaklığı hesaplanmaktadır. Bu işlem ağırlıklandırılmış normalize bulanık karar matrisin tamamına uygulanarak pozitif ve negatif uzaklık toplamları bulunur. 2017 yılı için bulunan pozitif ve negatif uzaklıklar toplamı Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8. 2017 Yılı pozitif ve negatif uzaklıklar toplamı

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
d-top	3,529	6,004	3,298	5,864	3,104	6,181	5,689	5,348
d+top	7,067	4,774	7,299	4,894	7,470	4,554	5,052	5,353

5.5. Yakınlık Katsayılarının Belirlenmesi ve Sıralamanın Oluşturulması

Pozitif ve negatif uzaklıklar hesaplandıktan sonra her alternatif için 0 ile 1 arasında değişen bir puanlama yapılmaktadır. Denklem 9'da verilen işlem her alternatif şirket için tekrar edilerek bir yakınlık katsayısı (CCi) belirlenmiştir. 2017 yılı için alternatiflerin yakınlık katsayısı değerleri Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9. 2017 Yılı yakınlık katsayısı

	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8
CCi	0,333	0,557	0,311	0,545	0,294	0,576	0,530	0,500

Yakınlık katsayıları performansa karşılık gelmektedir ve alternatif şirketler için iyi performanstan kötü performansa göre yani büyükten küçüğe doğru bir sıralama gerçekleştirilmiştir Sıralama yakınlık katsayısı hesaplaması sonucu oluşan değer ile gerçekleştirilmiştir Yakınlık katsayılarına göre, 2017 yılı için oluşan sıralama A6, A2, A4, A7, A8, A1, A3, A5 şeklindedir.

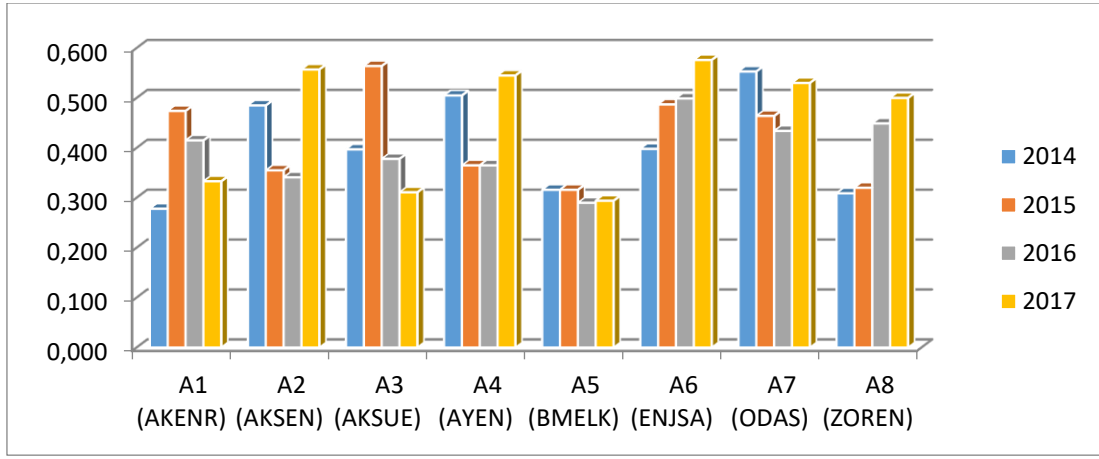
5.6. Yıllara Göre Değişim

2017 yılı için yapılan işlemler 2014, 2015, 2016 yılları için de gerçekleştirilmiştir. Yıllara göre oluşan sıralama sonucu Tablo 10'da verilmiştir.

Tablo 10. Yıllara göre oluşan sıralama

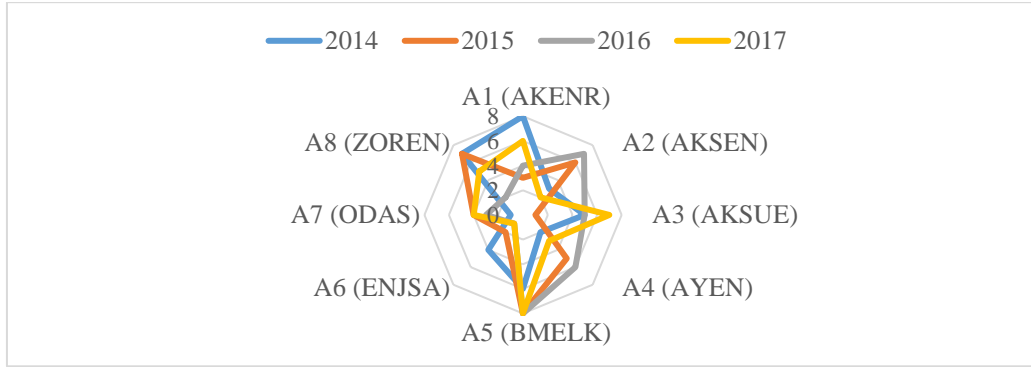
	2014	2015	2016	2017
A1 (AKENR)	8	3	4	6
A2 (AKSEN)	3	6	7	2
A3 (AKSUE)	5	1	5	7
A4 (AYEN)	2	5	6	3
A5 (BMELK)	6	8	8	8
A6 (ENJSA)	4	2	1	1
A7 (ODAS)	1	4	3	4
A8 (ZOREN)	7	7	2	5

Yapılan sıralamaya göre 2014 yılında A7 ODAS, 2016 yılında ve 2017 yılında A6 ENJSA birinci sırada yer alarak en iyi performansa sahip şirketler olmuşlardır. Yakınlık katsayılarının yıllara göre değişimi Şekil 1'de verilmektedir.



Şekil 1. Şirketlere göre yakınlık katsayıları değişimi

Alternatiflerin yıllara göre performans değişimleri değerlendirildiğinde bazı şirketler için farklılaşma olduğu görülmektedir. Alternatiflerin yıllara göre yer aldığı sıralar aşağıda Şekil 2’de yer alan radar grafiğinde verilmektedir.



Şekil 2. Sıralama radar grafiği

A1 AKENR 2014 yılında 8. sırada iken 2015 yılında 3. sıraya yükselmiş ancak yakaladığı bu iyi performansını sürdürümemiş ve 2016 yılında 4. sıraya, 2017 yılında 6. sıraya gerilemiştir. Buna karşın A2 AKSEN 2014 yılında 3. sırada iken performansı kötüleşmiş ve 2015 yılında 6. sıraya, 2016 yılında 7. sıraya gerilemiştir. 2017 yılında performansını tekrar iyileştirerek 2. sıraya yükselmeyi başarmıştır. A3 AKSUE ise; 2014 yılında 5. sırada iken performansını yükselterek 2015 yılında 1. sıraya yükselmiştir. Ancak yakaladığı bu performansı sürdürümemiş ve 2016 yılında 5. sıraya, 2017 yılında ise 7. sıraya kadar gerilemiştir. Ayrıca, A4 AYEN 2014 yılında 2. sırada iken performansı kötüleşmiş ve 2015 yılında 5. sıraya, 2016 yılında 6. sıraya gerilemiştir. 2017 yılında performansını tekrar iyileştirerek 3. sıraya kadar yükselmeyi başarmıştır. A5 BMELK ise, 2014 yılında 6. sırada iken performansı daha da kötüleşmiş ve 2015 yılında 8. sıraya gerilemiştir. 2016 yılında 8. sırada ve 2017 yılında da 8. sırada yer alarak sürekli kötü bir performans göstermiştir. A6 ENJSA 2014 yılında 5. sırada iken performansını yükselterek 2015 yılında 2. sıraya, 2016 yılında ise 1. sıraya kadar yükselmiştir. 2017 yılında da yakaladığı bu performansı koruyarak yine 1. sırada yer almıştır. Bir diğer alternatif olan A7 ODAS 2014 yılında 1. sırada iken performansında düşüş yaşamış ve 2015 yılında 4. sıraya gerilemiştir. 2016 yılında 3. sıraya yükselmiş, 2017 yılında yine 4. sırada yer alarak genel olarak iyi bir performans göstermiştir. A8 ZOREN 2014 yılında 7. ve 2015 yılında 7. sırada ve yer alırken performansını yükselterek 2016 yılında 2. sıraya yükselmiştir. 2017 yılında ise kendisine 5. sırada yer bulmuştur.

6. Sonuçlar

Yapılan bu çalışmada ele alınan enerji sektörü diğer sektörler için itici bir güç olması nedeniyle, ülkelerin ekonomik kalkınma düzeyi üzerinde kritik bir etkiye sahiptir. Ülkemizin enerji tüketimi, son yıllarda sanayileşme ve kentleşmeye paralel olarak son hızlı bir artış göstermektedir. Bu nedenle, enerji sektörü, ekonominin diğer sektörlerini de etkilemektedir. Enerji sektöründeki olası bir başarısızlığın tüm ekonomi üzerinde olumsuz etki edebilecek olması nedeniyle şirketlerin finansal performansları dikkatle izlenmelidir.

Enerji şirketlerinin performanslarının değerlendirilmesi, özellikle yatırımcıların, alacaklıların ve sektördeki şirketin konumunu belirlediği için aynı sektörde bulunan şirketler için önemli bir konudur. Ayrıca, bir şirketi diğerleriyle karşılaştırmak,

şirketin rekabet gücünü ve zayıflığını tanımlayabilir. Bu bağlamda, çalışmanın sonuçları şirketlere hedeflerini ve stratejilerini gözden geçirmeleri için yararlı bilgiler sağlamaktadır.

Bu çalışma, enerji sektöründe faaliyet gösteren ve hisse senetleri Borsa İstanbul'da işlem gören AKENR, AKSEN, AKSUE, AYEN, BMELK, ENJSA, ODAS ve ZOREN şirketleri üzerinde yapılmıştır. Çalışmada şirketlerin 2014-2017 yıllarına ilişkin finansal tabloları kullanılarak, şirketlerin finansal performans değerlendirmesi bir finansal analiz türü olan oran analizi yöntemiyle likidite, faaliyet, finansal kaldıraç ve karlılık durumları on alt kritere göre Bulanık TOPSIS çok kriterli karar verme yöntemi ile analiz edilmiştir. Karar alma sürecinde finans konusunda uzman kişilerin görüşleri hazırlanan iki formdaki işaretlenen dilsel değerlendirmeler ile dikkate alınmıştır.

Formlar ile elde edilen dilsel değerlendirmeler bulanık üçlü sayılara dönüştürülmüştür. Birinci formdaki işaretlemeler kriter ağırlıklarının belirlenmesinde kullanılmıştır. Bulanık üçlü sayılara göre karar kriterlerinin önem ağırlıkları bulunmuştur. Sonuç olarak Aktif Karlılık Oranı (KO2) ve Cari Oran (LO1)'in (0,78; 0,94; 1,00) değerleri ile aynı değere sahip en önemli iki oran olduğu gözlenmiştir. Bu oranları (0,82; 0,95; 0,99) oranı ile Esas Faaliyet Karlılığı Oranı (KO1) izlemektedir. Elde edilen değerler ile bulanık ağırlıklar matrisi oluşturulmuştur.

Yıllara göre gerçekleşen rasyo değerlerinin yorumlandığı ikinci formdaki seçimlere göre elde edilen bulanık üçlü sayılardan bulanık karar matrisi oluşturulmuştur. Daha sonra bu matris normalize edilmiştir. Elde edilen normalize karar matrisi ile bulanık ağırlıklar matrisi kullanılarak ağırlıklandırılmış normalize edilmiş karar matrisi oluşturulmuştur. Daha sonra elde edilen ağırlıklandırılmış normalize karar matrisinin pozitif ve negatif ideal çözümlere uzaklıkları Vertex yöntemi kullanılarak bulunmuştur. Pozitif ve negatif uzaklıklar hesaplandıktan sonra alternatifler arasında sıralama yapabilmek için yakınlık katsayısı hesaplanmıştır. Son olarak yakınlık katsayısı büyükten küçüğe doğru sıralanarak alternatiflerin sıralaması yapılmıştır.

Elde edilen sonuçlara göre; ENJSA 2017 ve 2016 yılında birinci, 2015 yıllarında ikinci ve 2014 yılında dördüncü sırada yer alarak en iyi performansa sahip şirket olarak ön plana çıkmaktadır. ODAS ise genel olarak ilk dört şirket içerisinde kalmayı başarmış ve 2017 yılında dördüncü, 2016 yılında üçüncü, 2015 yılında dördüncü ve 2014 yılında birinci sırada yer alarak genel olarak iyi bir performans sergilemiştir. BMELK ise 2017, 2016 ve 2015 yıllarında sekizinci ve 2014 yılında altıncı sırada yer alarak kötü bir performans göstermiştir. ZOREN her ne kadar sıralamada sadece 2016 yılında ikinci sırada yer almış diğer yıllarda ilk üçe girememiş olsa da 2014 yılında CCI değeri 0,309; 2015 yılında 0,320; 2016 yılında 0,449; 2017 yılında 0,500 olarak bulunmuştur ve şirketin istikrarlı bir ilerleme süreci içerisinde olduğu görülmektedir. İlerleyen yıllarda finansal performansını daha üst sıralara taşıyacağı beklentisi oluşmaktadır. Diğer şirketler ise sıralamada genel olarak dalgalı seyir izlemişlerdir.

Sonuçlar, şirketlerin enerji sektöründeki finansal yapılarını istedikleri düzeyde konumlandırmaları ve hedefledikleri performansları gerçekleştirebilmeleri için önemlidir. Ayrıca, bu sonuçlar sayesinde şirket yöneticileri en etkili kritere yani rasyoya odaklanabilir ve istenen düzeyin sağlanması için uygun bir stratejiyi belirlenmesi amacıyla kullanabilirler. Çalışmada sunulan bilgiler, enerji şirketlerinin finansal performanslarına ilişkin alternatifler arasında kıyaslamalı bir sonuç sunmaktadır. Ayrıca farklı çalışmalarda diğer bulanık çok kriterli karar verme yöntemleri ile değerlendirmeler yapılabilir veya kullanılan yöntem, diğer sektörlerde faaliyet gösteren firmalara uygulanabilir. Ayrıca Bulanık TOPSIS yönteminin diğer endüstri kuruluşlarının performanslarının değerlendirilmesinde de uygun bir araç olduğu söylenebilir.

Teşekkür

Çalışmada kullanılan verilerin sağlanmasındaki katkılarından dolayı FINNET Financial Information News Network Analiz Expert Elektronik Yayıncılık Data İletişim San.Tic.Ltd.Sti.'ne teşekkür ederiz.

Referanslar

[1] Eyüboğlu, K. ve Çelik, P., "Financial performance evaluation of Turkish energy companies with fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS methods", Business and Economics Research Journal, 7(3), 21-37, 2016.

[2] Erdoğan, M. ve Adilya Y., "Borsa İstanbul'a kayıtlı turizm şirketlerinin 2011-2015 dönemi finansal performanslarının TOPSIS ile analizi", Optimum Ekonomi ve Yönetim Bilimleri Dergisi 5(1) 19-36, 2018.

[3] Arat, M. E. Çetin, A. ve Keleş, E., İşletmelerde Finansal Analiz ve Uygulamaları. İstanbul: Beta Yayıncılık, 2018.

[4] Aydın, N.; Başar, M. ve Coşkun, M., Finansal Yönetim. (Yenilenmiş 2. Baskı), Ankara: Detay Yayıncılık, 2015.

[5] Özdemir, M., Finansal Yönetim. Ankara: Gazi Kitabevi, 1997.

- [6] İnel, M. N. ve Armutlulu, İ. H., “Belirsizlik ortamında fuzzy finansal oranlarla karar verme”, Marmara Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Dergisi. 38(2) 129-145, 2016.
- [7] Saraç, M., Finansal Yönetim, Adapazarı: Sakarya Yayıncılık, 2012.
- [8] Zopounidis, C., Galariotis, E., Doumpos, M., Sarri, S., and Andriospoulou, K., “Multiple criteria decision aiding for finance: An updated bibliographic survey. European Journal of Operational Research”, 247(2), 339-348, 2015.
- [9] Yıldız, B., “Oran analizinde bulanık mantık kullanımı: ampirik bir çalışma”, MÖDAV Muhasebe Bilim Dünyası Dergisi, 10(2), 183-205, 2008.
- [10] Ecer, F., Vurur, N. S., ve Özdemir, L., “Bulanık bir modelle firmaları değerlendirme ve optimal portföy oluşturma: çimento sektöründe bir uygulama”, Mustafa Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 6(11), 2009.
- [11] Chen, L., Li, B., Dong, S. and Pan, H. “A combined CFAHP-FTOPSIS approach for portfolio selection”, China Finance Review International, 3(4), 381-395, 2012.
- [12] Wang, Y. J., “The Evaluation of financial performance for Taiwan container shipping companies by fuzzy TOPSIS”, Applied Soft Computing, 22, 28-35, 2014.
- [13] Shaverdi, M., Ramezani, I., Tahmasebi, R. and Rostamy, A. A. A., “Combining fuzzy AHP and fuzzy TOPSIS with financial ratios to design a novel performance evaluation model”, International Journal of Fuzzy Systems, 18(2), 248-262, 2016.
- [14] Jakšić, M., Moljević, S., Aleksić, A., Misita, M., Arsovski, S., Tadić, D. and Mimović, P., “Fuzzy approach in ranking of banks according to financial performances”, Mathematical Problems In Engineering, 1-11, 2016.
- [15] Aytekin, A. and Karamaşa, Ç. “Analyzing financial performance of insurance companies traded in BIST via fuzzy Shannon's entropy based fuzzy TOPSIS methodology”, Alphanumeric Journal, 5(1), 51-84, 2017.
- [16] Ece, O. and Ahmet S. U., “Applicability of fuzzy TOPSIS Method in optimal portfolio selection and an application in BIST”, International Journal of Economics and Finance, 9(10) 107-127, 2017.
- [17] Perçin, S. ve Aldalou, E., “Financial performance evaluation of Turkish Airline Companies using integrated fuzzy AHP fuzzy TOPSIS model”, Uluslararası İktisadi ve İdari İncelemeler Dergisi, 18, 583-598, 2018.
- [18] Sakarya, Ş., Yıldırım, H.H. ve Akkuş, H.T., “BIST’de İşlem Gören Enerji Şirketlerinin Finansal Performanslarının TOPSIS Çok Kriterli Karar Verme Yöntemi ile Belirlenmesi”, 19. Finans Sempozyumu, Hitit Üniversitesi, Çorum.21-24 Ekim, 2015.
- [19] Yıldız, B., Finansal Analizde Yapay Zeka. Ankara: Detay Yayıncılık, 2009.
- [20] Zadeh, L. A., “Fuzzy Sets, Information and Control”, Department of Electrical Engineering and Electronics Research Laboratory.N.: 8. 338–353, 1965.
- [21] Chen, Chen-Tung., “Extensions of the TOPSIS for group decision-making under fuzzy environment”, Fuzzy Sets and Systems, 114(1), 1-9, 2000.
- [22] Küçük, O. ve Ecer, F., “Bulanık TOPSIS kullanılarak tedarikçilerin değerlendirilmesi ve Erzurum’da bir uygulama”, Ekonomik ve Sosyal Araştırmalar Dergisi. Sayı: 3. 45-65, 2007.
- [23] Koca, G. ve Taşer, A., “Doğru müşteri finansmanında bulanık TOPSIS metodu”, Sakarya İktisat Dergisi, 3(4), 1-43, 2014.
- [24] Arslan, M. C., “Yönetim kararlarında geçerli maliyet analizlerine alternatif bir yöntem: bulanık TOPSIS yöntemi”, Gazi İktisat ve İşletme Dergisi, 3(2), 72-101, 2017.
- [25] Kaplan, Y., "The Sunshine Duration Error Rates were calculated with Gradient-Descent Algorithm and Genetic Algorithm for Use of Solar Energy," International Scientific and Vocational Studies Journal, 1(1), 42-50, 2017.
- [26] Şanlı, B, Turna D, E., “Solar Cell Usage in a House in Erdemli District of Mersin for Meeting Electricity Demand and Cost Analysis,” International Scientific and Vocational Studies Journal , 2 (2) , 73-79, 2018.

[27] FINNET (Financial Information News Network) Analiz Expert Veri Tabanı (<https://www.finnet.com.tr/FinnetStore/Tr/Urun/AnalizExpert>). Erişim: 26.02.2019.

[28] Güler G. Çok kriterli karar verme ile finansal performans analizi üzerine bir uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Balıkesir Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Balıkesir, 2019.

Knowledge and Applications of Women on Iodine Salt Use

Özgür Alparslan^{a,1}, Rıza Çıtıl^b, Gizem Çıtak^c

^a Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Ebelik Bölümü, Türkiye
ORCID ID: 0000-0002-2264-2886

^b Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Tıp Fakültesi, Halk Sağlığı Anabilim Dalı, Türkiye
ORCID ID: 0000-0002-7198-0195

^c Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi, Ebelik Bölümü, Türkiye
ORCID ID: 0000-0002-5484-2233

Abstract

This study was conducted to determine the knowledge and applications of women about iodized salt use. This cross-sectional study (01.10.2013-30.05.2014) was conducted by among women (N=476) who applied to Tokat State Hospital and accepted to participate in the study. After permissions, data were obtained by using a form prepared by the authors for this study. The mean age of the women was 30.7±9.8 years. 92.4% were married and 89.5% were housewives. 42.6% were graduated from primary school, while 27.7% from high school and above. 33.2% of the participants had goiter. 3.2% of the women who had just given birth, babies were diagnosed with goiter. Educational status was found to correlate with getting information, knowing whether the salt was iodized or not, how they stored and what they paid attention to when buying salt (p<0.001), while did not make a difference in terms of where they stored and when they added the salt (p>0.05). Those with good income were found to have more information about iodized salt (p<0.05). It was determined that the participants had insufficient knowledge about the use of iodized salt and some of them made important usage faults leading to diminishment of the effectiveness of iodine.

Keywords: "Salt, Iodized salt, Iodine deficiency, Information and applications"

1. Giriş

Gebe kadının gebelik sırasında yetersiz ve dengesiz beslenmesi durumunda prematürel ve konjenital bozukluklar artmaktadır (Kurtoglu et al., 2004; Kut et al., 2010; Öztürk & Garipağaoğlu, 2018; Pekcan, 2019; Troid Çalışma Grubu, 2019). İyot eksikliği bebeklerde beyin hasarı problemine neden olan büyük halk sağlığı sorunu olmaya devam etmektedir. Benoist ve ark.'na (2008) göre her üç kişiden birisini etkileyen bir sağlık sorunudur. Dünya nüfusunda 1.9 milyardan fazla kişide iyot yetersizliği olduğu tahmin edilmektedir. Bunların 285 milyonu okul çağındaki çocuklardır. İyot eksikliği prevalansı Amerika'da %10.1 ile en düşük seviyede, Avrupa'da %59.9 ile en yüksek düzeydedir (Anderson et al., 2007; B de Benoist et al., 2003; de Benoist et al., 2008).

Günlük iyot alımı yetersiz olduğunda, tiroid hormon sentez bozukluğuna bağlı olarak fetüsten erişkin yaşa kadar tüm yaş gruplarını kapsayan endemik guatr, kretinizm, mental retardasyon, infertilite, doğumsal anomaliler, perinatal ve bebek ölümlerinde artış gözlenmektedir. İyot yetersizliği bir grup gelişimsel ve işlevsel hastalıklar olarak karşımıza çıkmakta, çocuk ve adolesanda mental işlev bozukluğuna ve fiziksel büyüme-gelişime gecikmelerine yol açmaktadır (Idiz & Yarman, 2015; Köksal & Pekcan, 2009; Zimmermann, 2009). Dünyada önlenebilir zekâ geriliğinin en önemli nedeni iyot eksikliğidir (İE) ve bu eksiklik yeterli iyot desteği ile önlenebilmektedir (Ergüler et al., 1996; Troid Çalışma Grubu, 2019).

Küresel olarak, iyotlu tuz tüketenlerin oranı, 1990'da <%20'den 2000 yılına kadar ~%70'e yükselmiş ve bu da dünya çapında iyot eksikliği yaygınlığında önemli bir azalma sağlamıştır (Li & Eastman, 2012;). Elde edilen veriler, iyot yetersizliğinin en fazla doğurgan kadınlar ile çocuklarda olduğunu göstermektedir (Çetinkaya et al., 2012; Karmakar et al., 2019; Troid Çalışma Grubu, 2019; Zimmermann, 2009). İyot eksikliği sorunlarının giderilmesi yani iyot profilaksisi (İP) için dünyada önerilen en etkili yöntem hala sofraya tuzlarının iyotlanmasıdır. 2000 yılından itibaren ülkemizde iyotlu tuz programı başlatılmış olmasına rağmen iyot eksikliği hala ülkemizde önemli bir problemdir (Aslan et al., 2015; Köksal & Pekcan, 2009; Kurtoglu et al., 2004; Kut et al., 2010; Troid Çalışma Grubu, 2019). Ulusal düzeyde iyotlama programı başlatıldıktan sonra, Anne Çocuk Sağlığı ve Aile Planlaması Genel Müdürlüğü'nün (2002) ülke genelinde il merkezlerinde yaptığı hane halkı çalışmasında, %63.9 hanenin iyotlu tuz kullanıldığını belirlenmiştir. Daha sonra durumu kontrol etmek amacıyla (2002-2003) çalışma tekrarlanmış yeterli düzeylere

¹ Sorumlu Yazar. Tel.: +0 543 8239044
E-posta adresi: ozgralp60@gmail.com

erişilemediğini, hafif-orta derecede iyot eksikliği olduğu gösterilmiştir. Ayrıca iyotlanan tuzların %59.5'inin kodekse uygun olarak iyotlanmış olduğu saptanmıştır (Çetinkaya et al., 2012; Troid Çalışma Grubu, 2019).

Ülkemizde eve ulaştıktan sonra tuzların doğru kullanımı ve saklanması ilişkin yeterli veri bulunmamaktadır (Öncel et al., 2008; Uzun et al., 2016). Hâlen kırsalda iyotlu tuz kullanımı oranı düşüktür. Birçok şehir merkezinde istenen dağılım ve medyanlar yakalanmıştır. Ancak, küçük yerleşim birimlerinde hâlen iyotlu tuz kullanımı oranlarının yetersiz olduğu, Türkiye'nin %27.8'inde ciddi-orta derecede devam ettiği gözlemlenmektedir (Erdoğan et al., 2009; Öncel et al., 2008; Troid Çalışma Grubu, 2019).

İyot ısıdan, nemden ve diğer iklim koşullarından etkilenen bir madde olduğu için iyotlu tuzun saklama koşulları da çok önemlidir. İyot, güneş ışığı, ısı ve nem gibi çevresel faktörlerden korunması bakımından koyu renkli ve ağzı kapalı kaplarda saklanmalıdır. İyotlu tuz pişirilmekle içindeki iyot içeriğinin yaklaşık %50'sini kaybettiğinden dolayı iyotlu tuz yemeğe pişirildikten sonra eklenmelidir (Troid Çalışma Grubu, 2019).

Toplumda iyot yetersizliği ve hastalıkları ile ilgili bilgi eksikliklerini ortadan kaldırmak, etkili bir bilinçlendirme programları yürütmek, iyotlu tuz kullanımı, evde doğru kullanımı konusunda aileleri özellikle kadınları eğitmek istenilen hedeflere ulaşmada maliyet etkin yöntemlerdir (Troid Çalışma Grubu, 2019; Vasudevan et al., 2019). Toplumun bilgi, tutum ve davranışlarının değerlendirilmesi, etkin müdahalelerin oluşturulmasında ve izlenmesinde (Vasudevan et al., 2019), bu konuda yapılacak çalışmalardan elde edilecek olan veriler, ülkemize özgü, kanıta dayalı tuz kullanma stratejilerinin oluşturulması ve izlenmesi açısından önemlidir.

Bu çalışmada kadınların evlerde iyotlu tuz kullanımına ilişkin bilgi, tutum ve uygulamalarını değerlendirmek amaçlanmıştır.

1.1. Materyal ve Yöntemler

Bu çalışma kesitsel (01 Ekim 2013-30 Mayıs 2014) Tokat Devlet Hastanesi Kadın Doğum Polikliniğine başvuran kadınların blok popülasyonunda, toplum temelli tanımlayıcı bir çalışma olarak yapılmıştır. Evreni bilinmeyen örnek büyüklüğünü Kadın Doğum Polikliniğine başvuran 476 kadın oluşturmuş ve veriler rastgele örneklem yöntemi kullanılarak toplanmıştır. Çalışma kadınlara yüz-yüze görüşme yöntemi kullanılarak uygulanmıştır. Görüşmeler poliklinikte bekleme odasında eğitim amaçlı kullanılan bir bölmede, yaklaşık 20 dk da yapılmıştır.

Veriler, araştırmacılar tarafından literatür taranarak (Anderson et al., 2007; Öncel et al., 2008; Zimmermann, 2009; Zimmermann & Andersson, 2012) hazırlanan ve görüşülen kadınlara ait sosyo-demografik bilgiler, jinekolojik öykü ve geçmişteki hastalıkları ile ilgili soruları (16 soru) ve kadınların evde kullandıkları tuz çeşitleri, tuz- iyotlu tuz ile ilgili bilgi, tutum ve davranışlarını sorgulayan (15 soru) toplam 31 soruluk yapılandırılmış anket formu kullanılarak toplanmıştır.

Sözel olarak iletişim kurulabilen, Türkçe konuşabilen ve araştırmaya katılmayı kabul eden kadınlar çalışmaya dahil edilmiştir. Ayrıca veri formu doldurulmadan önce katılımcılara araştırmanın amacına ilişkin bilgi verilerek sözlü onam alınmıştır.

1.2. Verilerin analizi

Verilerin analizi bilgisayarda (IBM SPSS ver. 21 paket programı) yapılmıştır. Sürekli değişkenler ile ilgili tanımlayıcı istatistikler; minimum, maksimum, ortalama değerleri ve standart sapma şeklinde özetlenmiş, kategorik değişkenlerin tanımlanmasında yüzde, kategorik değişkenlerin karşılaştırılması için bağımsız gruplarda ki-kare testi kullanılmıştır. Değerlendirmelerde $p < 0.05$ olduğu durumlar istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir.

1.3. Araştırmanın etik ve yasal boyutu

Araştırmanın uygulandığı kurumdan yazılı izin alınmıştır. Katılımcılara, elde edilen verilerin gizli tutulacağı ve herhangi bir zarar görmeyecekleri açıklanarak gönüllük esasına dayalı sözel onamları alınmıştır.

2. Bulgular

Araştırmaya katılan toplam 476 kadının yaş ortalaması 30.7 ± 9.8 yaş (en küçük 15 yaş, en büyük 78 yaş) olup %6.7'si 15-19 yaş grubunda, %48.1'i 20-29 yaş grubunda, %92.4'ü evli, %10.5'i çalışmakta, %42.6'sı ilköğretim mezundur (Tablo 1).

Tablo 1. Katılımcıların tanımlayıcı özelliklerine göre dağılımı

Tanımlayıcı Özellikler	n	%
Yaş Grubu		
15-19 yaş	32	6.7
20-29 yaş	229	48.1
30-39 yaş	136	28.6
40 yaş ve üzeri	79	16.6
Medeni Hali		
Evli	440	92.4
Bekar	36	7.6
Çalışma Durumu		
Çalışmıyor -Ev Hanımı	426	89.5
Çalışıyor	50	10.5
Eğitim Düzeyi		
Okur yazar değil	22	4.6
Okur yazar	11	2.3
İlkokul	203	42.6
Ortaokul	108	22.7
Lise	84	17.6
Yüksekokul	48	10.1
Sağlık Güvencesi		
Var	449	94.3
Yok	27	5.7
Ekonomik Durum*		
İyi	148	31.1
Orta	297	62.4
Kötü	31	6.5
Toplam	476	100.0

*Kendi ifadelerine göre değerlendirilmiştir.

Katılımcıların %32.1'i (n=153) iyotlu tuz kullanımı hakkında bilgi aldığını belirtmiştir. İyotlu tuz kullanımı hakkında bilgi aldığını belirtenlerin bu bilgileri %55.6'sı (n=85) medya ve televizyondan, %75.0'i (n=357) kullandığı tuzun iyotlu olduğu saptanmıştır. İyotlu tuz kullandığını belirtenlerin %48.2'si (n=172) sağlık için gerekli olduğunu; iyotlu tuz kullanmadığını belirtenlerin (n=51), %60.8'i si iyodun ne olduğunu bilmediği için kullanmadığını belirtmiştir.

Katılımcıların, %48.9'u mutfak dolabında, %22.5'i mutfak rafında, %20.2'si ocağın hemen yanında, %6.9'u masanın üstünde, %15'i de buzdolabında sakladıklarını belirtmişlerdir (Tablo 2).

Katılımcılara evlerinde iyotlu tuzu %60.9'u kapaklı cam kavanozda sakladığı ve %61.1'i yemek pişerken yemeğe koyduğu belirlenmiştir. İyotlu tuz kayba uğrar mı diye sorulduğunda, %24.6'sı evet (n=117) uğrar diyenlerin %45.3'ü yanlış kullanmaya bağlı olduğunu belirttiği saptanmıştır. Katılımcılara tuzluğunuz hangi malzemeden diye sorulduğunda, %71.6'sı şeffaf cam, %10.3'ü porselen, %8.4'ü renkli cam, %6.9'u plastik, %0.6'sı melamin, %0.4'ü çay tabağı, %1.7'si de tuzluk kullanmadıklarını belirtmişlerdir (Tablo 2).

Tablo 2. Katılımcıların iyotlu tuz saklama ve yemeğe ekleme ile ilgili özelliklerine göre dağılımı

Özellikler	n	%
Evinizde iyotlu tuzu nerede saklıyorsunuz?		
Mutfak dolabında	233	48.9
Mutfak rafında	107	22.5

Ocağın hemen yanında	96	20.2
Masanın üstünde	33	6.9
Buzdolabında	7	1.5
İyotlu tuzu hangi kaplarda saklıyorsunuz?		
Kapaklı cam kavanozda	290	60.9
Satın aldığım poşette	80	16.8
Kapaklı plastik kapta	36	7.6
Kapaklı porselen kapta	22	4.6
Kapaklı ışık geçirmeyen kavanozda/renkli cam kapta	16	3.4
Açık tuzlukta cam kavanozda	10	2.1
Kapaklı çinko kapta	3	0.6
Diğer	19	4.0
İyotlu tuzu yemeğe ne zaman ekliyorsunuz?		
Yemek pişerken	291	61.1
Yemeği ocaktan almadan önce	90	18.9
Hemen ocağa koyarken	60	12.6
Tuzsuz pişiriyorum	9	1.9
Aklıma ne zaman gelirse	26	5.5
İyotlu tuz içerisindeki iyot kaybı uğrar mı?		
Hayır	359	75.4
Evet	117	24.6
Kayba uğrama nedenini açıklayabilir misiniz? (n=117)		
Yanlış kullanma	53	45.3
Çok tuzlu zararlı	3	2.6
Tadında değişiklik	1	0.9
Nedenini bilmiyorum	60	51.3
Tuzluğunuz hangi malzemeden?		
Şeffaf cam	341	71.6
Porselen	49	10.3
Renkli cam	40	8.4
Plastik	33	6.9
Melamin	3	0.6
Çay tabağı	2	0.4
Tuzluk kullanmıyorum	8	1.7
Toplam	476	100.0

Katılımcıların tuz alırken %30.7'si (n=146) iyotlu olup olmadığına, %63.9'unun (n=304) iyot yetersizliği durumunda insanlarda ortaya çıkacak sorunlar hakkında bilgisi olmadığı belirlenmiştir (Tablo 3).

Tablo 3. Katılımcıların tuz alırken nelere dikkat etikleri ve iyot yetersizliğinin belirtileri konusundaki görüşlerine göre dağılımı

Özellikler	n	%
Tuz alırken neye dikkat edersiniz?		
İyotlu olup olmadığına	146	30.7

Tarihine	119	25.0
Markasına	54	11.3
Paketlenmiş olmasına	27	5.7
Nemsiz, kuru, akıcı olmasına	18	3.8
İyotsuz, kaya tuzu olmasına	2	0.4
Tuz alırken herhangi bir şeye dikkat etmeyenler	110	23.1
İyot yetersizliği olduğunda insanlarda ne gibi sorunlar ortaya çıkıyor?		
Bilmiyorum	304	63.9
Guatr oluyor	144	30.3
Zekayı olumsuz etkiliyor	20	4.2
Kan basıncını olumsuz etkiliyor	3	0.6
Ölü doğum veya düşük oluyor	3	0.6
Ellerde titreme oluyor	1	0.2
Böbrekleri olumsuz etkiliyor	1	0.2
Toplam	476	100.0

Katılımcıların %43.5'i de (n=207) 3 ve daha fazla sayıda kez gebe kaldığını, %76.3'ü (n=363) hiç düşük yapmadığını, %80'i (n=381) hiç kürtaj olmadığını, %21.2'si (n=101) hiç doğum yapmadığını (kadınların 65'i verilerin toplandığı sırada ilk bebeklerine gebe idi) ve %84'ü ilk doğumunu 15-24 yaş arasında yaptığını belirtmiştir.

Doğum yapmış olan katılımcıların (n=375), %3.2'si (n=12) çocuğunda guatr teşhis edildiğini belirtmiştir. Katılımcıların %33.2'sinin (n=158) kendisinde ve ailesinde (bunların %15.2'i (n=24) kendisi iken, %70.3'ü (n=111) birinci derece, %14.5'i de (n=24) ikinci derece akraba) guatr teşhis edildiği saptanmıştır. Kendisine ve ailesinde guatr olan katılımcıların (n=158) %54.4'ü 1-10 yıl, %27.8'i 11-21 yıl, %15.2'i 22-32 yıldır iyotlu tuz kullandığını belirtmiştir. Tüm katılımcıların %11.8'i doktorunun iyotlu tuz kullanılmasını önerdiğini belirtmiştir.

Katılımcıların yaş gruplarına göre iyotlu tuz hakkında bilgi alma durumları incelendiğinde (Tablo 4); 15-19 yaş grubundaki katılımcıların %3.1'i, 20-29 yaş grubundakilerin %34.5'i, 30-39 yaş grubundakilerin %38.2'si, 40 yaş ve üzerindeki ise %26.6'sı iyotlu tuz hakkında bilgi aldıklarını belirtmiştir. Katılımcılar yaş grubuna göre iyotlu tuz hakkında bilgi alma durumu ile karşılaştırıldığında aralarında anlamlı fark olduğu saptanmıştır ($\chi^2=16.370a$; $p=0.001$) (Tablo 4). Buna karşılık katılımcıların yaş grubuna göre kullandıkları tuzun iyotlu olup olmadığını bilme durumları, evlerinde iyotlu tuzu nerede sakladıkları ($\chi^2=5.815a$; $p=0.444$), iyotlu tuzu hangi kaplarda sakladıkları ($\chi^2=18.158a$, $p=0.111$), iyotlu tuzu yemeğe ne zaman ekledikleri ($\chi^2=19.081a$; $p=0.087$), tuz alırken iyotlu olup olmadığına dikkat etmeleri ($\chi^2=24.615a$; $p=0.136$), arasında istatistiksel olarak önemli fark saptanmamıştır ($p>0.05$).

Tablo 4. Katılımcıların tanımlayıcı özelliklerine göre iyotlu tuz hakkında bilgi alma durumu

Tanımlayıcı Özellikler	İyotlu Tuz Hakkında Bilgi Alma Durumu	
	Evet	Hayır

	n	Sayı	%	Sayı	%	p
Yaş Grubu						
15-19 yaş	32	1	3.1	31	96.9	0.001
20-29 yaş	229	79	34.5	150	65.5	
30-39 yaş	136	52	38.2	84	61.8	
40 yaş ve üzeri	79	21	26.6	58	73.4	
Eğitim Düzeyi						
Okuryazar değil-okuryazar	33	7	21.2	26	78.8	<0.0001
İlkokul	203	54	26.6	149	73.4	
Ortaokul	108	27	25.0	81	75.0	
Lise ve üniversite	132	65	49.2	67	50.8	
Çalışma Durumu						
Çalışmıyor (Ev Hanımı)	426	122	28.6	304	71.4	<0.0001
Çalışıyor	50	31	62.0	19	38.0	
Ekonomik Durum*						
İyi	148	52	35.1	96	64.9	0.019
Orta	297	98	33.0	199	67.0	
Kötü	31	3	9.7	28	90.3	
Toplam	476	153	32.1	323	67.9	

Katılımcıların çalışma durumlarına göre iyotlu tuz hakkında bilgi alma durumları incelendiğinde; çalışanların %62'si, herhangi bir işte çalışmayanların (ev hanımı) ise %28.6'sının iyotlu tuz hakkında bilgi aldıkları saptanmıştır. Katılımcıların çalışma durumlarına göre iyotlu tuz hakkında bilgi alma durumları karşılaştırıldığında arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($\chi^2=22.834a$, $p=0.000$) ($p<0.0001$) (Tablo 4). Ayrıca katılımcıların çalışma durumlarına göre tuzu alırken neye dikkat ettikleri (iyotlu olup olmadığına dikkat etmeleri) arasında istatistiksel olarak önemli bir fark vardı ($\chi^2=24.615a$, $p=0.000$) ($p<0.0001$). Buna karşılık katılımcıların çalışma durumlarına göre kullandıkları tuzun iyotlu olup olmadığını bilme durumları, tuz hakkında nereden bilgi aldıkları, evlerinde iyotlu tuzu nerede sakladıkları, iyotlu tuzu yemeğe ne zaman ekledikleri arasında ise istatistiksel olarak anlamlı belirlenmemiştir ($p>0.05$).

Tablo 4'te atılımcıların eğitim durumlarına göre iyotlu tuz hakkında bilgi alma durumları incelendiğinde; okuryazar olmayan ve okuryazar olanların %21.2'si, ilkokul mezunlarının %26.6'sı, ortaokul mezunlarının %25'i, lise ve yüksekokul mezunlarının ise %49.2'sinin iyotlu tuz hakkında bilgi aldıkları saptanmıştır. Katılımcıların eğitim durumlarına göre iyotlu tuz hakkında bilgi alma durumları arasında anlamlı bir fark saptanmıştır ($\chi^2=24.888a$, $p=0.000$) ($p<0.0001$) (Tablo 4).

Ayrıca katılımcıların eğitim durumlarına göre kullandıkları tuzun iyotlu olup olmadığını bilme durumları ($\chi^2=40.884a$, $p=0.000$) ($p<0.0001$) (Tablo 5), iyotlu tuzu hangi kaplarda sakladıkları ($\chi^2=51.906a$, $p=0.000$) ($p<0.001$) ve tuz alırken iyotlu olup olmadığına dikkat etmeleri ($\chi^2=73.930a$, $p=0.000$) ($p<0.0001$) arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur. Buna karşılık katılımcıların eğitim durumlarına göre evlerinde iyotlu tuzu nerede sakladıkları, iyotlu tuzu yemeğe ne zaman ekledikleri arasında ise anlamlı bir fark saptanmamıştır ($p>0.05$).

Tablo 5. Katılımcıların tanımlayıcı özelliklerine göre kullandıkları tuzun iyotlu olup olmadığını bilme durumu

Tanımlayıcı Özellikler	Kullandıkları Tuzun İyotlu Olup Olmadığını Bilme Durumu							p
	n	Evet		Hayır		Bilmiyorum		
		Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%	
Yaş Grubu								
15-19 yaş	32	21	65.6	3	9.4	8	25.0	0.444
20-29 yaş	229	173	75.5	22	9.6	34	14.8	
30-39 yaş	136	106	77.9	14	10.3	16	11.8	
40 yaş ve üzeri	79	57	72.2	12	15.2	10	12.7	
Eğitim Düzeyi								

Okuryazar değil-okuryazar	33	15	45.5	9	27.3	9	27.3	
İlkokul	203	140	69.0	27	13.3	36	17.7	<0.0001
Ortaokul	108	81	75.0	9	8.3	18	16.7	
Lise ve üniversite	132	121	91.7	6	4.5	5	3.8	
Çalışma Durumu								
Çalışmıyor (Ev Hanımı)	426	313	73.5	47	11.0	66	15.5	0.056
Çalışıyor	50	44	88.0	4	8.0	2	4.0	
Ekonomik Durum								
İyi	148	120	81.1	12	8.1	16	10.8	
Orta	297	220	74.1	34	11.4	43	14.5	0.035
Kötü	31	17	54.8	5	16.1	9	29.0	
Toplam	476	357	75.0	51	10.7	68	14.3	

Tablo 4'te katılımcıların ekonomik durumlarına göre iyotlu tuz hakkında bilgi alma durumları incelendiğinde; gelir gider durumu iyi olanların %35.1'inin, orta olanların %33'ünün, kötü olanların ise %9.7'sinin iyotlu tuz hakkında bilgi aldıkları saptanmıştır. Katılımcıların ekonomik durumlarına göre iyotlu tuz hakkında bilgi alma durumları arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($X^2=7.880^a$, $p=0.019$). Ayrıca katılımcıların ekonomik durumlarına göre kullandıkları tuzun iyotlu olup olmadığını bilme durumları ($X^2=10.357^a$, $p=0.035$) (Tablo 5) ve tuz alırken iyotlu olup olmadığına dikkat etmeleri ($X^2=24.118^a$, $p=0.020$) arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmuştur ($p<0.05$). Buna karşılık katılımcıların evlerinde iyotlu tuzu nerede sakladıkları, iyotlu tuzu hangi kaplarda sakladıkları ve iyotlu tuzu yemeğe ne zaman ekledikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark saptanmamıştır ($p>0.05$).

3. Tartışma

İyot eksikliği ile mücadelede “iyotlu tuzun saklanma ve tüketilme koşulları” önemlidir. Bu çalışma ile kadınların evlerde iyotlu tuz kullanımına ilişkin bilgi, tutum ve uygulamalarının değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Özellikle evlerimizde alışverişten itibaren sofraya gelene kadar yemeklerde ve tuzun kullanımında kadınlarımızın rol aldığı ve yemekleri yapıyor olmaları düşünülecek olursa, bu konunun önemini bir kez daha göstermektedir. Ayrıca çalışma, bölgenin sosyo-ekonomik durumu hakkında da bir ölçüde fikir vermektedir. Kadınların büyük çoğunluğunun çalışmadığı, ev hanımı olduğu görülmektedir. Kadınların evdeki besinlerin hazırlanması sırasındaki rolleri ile yaş ortalamalarının da 30.7 ± 9.8 olduğu ve doğurgan çağda oldukları için İE eksikliği açısından, risk grubu içerisinde yer aldıkları söylenebilir.

Dünya nüfusunun $\sim 1/3$ 'ünün hala yetersiz iyot aldığı, İE'nin özellikle yoksul ülkelerde, kırsal bölgelerde gebe ve çocuk sağlığını ciddi şekilde tehdit ettiği bilinmektedir (Anderson et al., 2007; B de Benoist et al., 2003). Dünyada İE kontrolünde halen maliyeti en düşük ve en uygun yöntem sofraya tuzlarının iyotlanmasıdır. Bizim ülkemizde olduğu gibi pek çok ülkede tuz iyotlama programlarına devam edilmektedir. Ülkemizde, Temmuz 1999'dan itibaren uygulamaya geçilmiştir (Idiz & Yarman, 2015). Ülkemizde Ege, Karadeniz, Akdeniz'in iç kısımları, Doğu ve İç Anadolu'da bazı yerler endemik guatr bölgesidir. Ancak buna rağmen, iyotlu tuz tüketiminde dünya ülkeleri ortalamasının altında yer almaktayız ve bu sorun kırsalda devam etmektedir (Erdoğan et al., 2009). Tokat ilinin Orta Karadeniz'de bulunması ve geleneksel beslenme tarzı, iatrojenik sebze tüketimi nedeni ile de riskli bir gurubu oluşturduğu söylenebilir.

Bu çalışmadaki katılımcıların %67.9'u iyotlu tuz hakkında bilgi almışlardı ve bu bilgiyi de büyük oranda medyadan/TV (%55.6) almışlardı. Marakkanam hane halkı arasında iyotlu tuz kullanımına ilişkin bilgi, tutum ve uygulamaları değerlendirmek için yapılan bir çalışmada, halkın %64.6'ü iyotlu tuz hakkında bir şeyler duymuşlar ve bilgi alanların çoğunluğu da (%81.8) televizyondan duymuştu (Vasudevan et al., 2019). Çalışmanın sonuçları bizim çalışmamıza benzerlik göstermektedir. Yine başka bir çalışmada, hane halklarının % 93.7'si iyotlu tuz kullanmakta ve en yaygın bilgi kaynakları da bir televizyondan (% 31.1) (Roy et al., 2016).

Günlük yaşantımızda iyot gereksinimi sudan ve yiyeceklerden karşılanmaktadır. Besinlerin içeriğindeki iyot miktarı kızartma, ızgara ve haşlama pişirilme yöntemleri ile (sırasıyla %20, %23 ve %58 oranlarında) azalmaktadır. Ayrıca iyot uçucu bir elementtir ve korunabilmesi için iyotlu tuzlar koyu renkli kaplarda, karanlık, serin yerlerde saklanması gerekmektedir. Hatta yemeğe de piştikten sonra eklenmesi gerekmektedir (Idiz & Yarman, 2015). Çalışmamızda katılımcıların %75'inin iyotlu tuz kullandığı %14.3'ü kullandığı tuzun iyotlu olup olmadığını bilmiyordu ve geri kalanı da hiç iyotlu tuz kullanmadığını belirtiyordu. İyotlu tuz kullanım oranının yüksek olması grubun büyük çoğunluğunun doğurgan çağdaki kadınların günlük iyot gereksinimini karşılanması bebek sağlığı açısından da önemlidir.

Türkiye Nüfus Sağlık Araştırması (TNSA, 2008), verilerine göre, hane halklarının %84.4'ünün iyotlu tuz kullandığı ve tuz kullanımı açısından yerleşim yerlerine, bölgelere göre önemli farklılıklar bulunduğu belirlenmiştir. Bizim çalışmamızın oranı TNSA oranına göre daha düşüktür (%75). Dünya ortalamasına göre tuz kullanım oranı yüksek görünse de bu kullanılan iyot miktarının sağlık açısından yeterli olduğunu göstermez. Bu konuda daha ileri ve geniş çalışmalara gereksinim vardır. Kırsal bölgelerdeki hane halkının %71.5'i, kentlerde de %89.9'u iyotlu tuz kullanırken; iyotlu tuz kullanımı, Batı (%83.5), Güney (%85.3) ve Kuzey Anadolu'da (%90.5), diğer bölgelere (Doğu: %61.4,) oranla daha yaygın kullanılıyordu. İstanbul'da iyotlu tuz kullanım oranı daha da (%97.4) yüksekti. Bölgesel olarak GAP Bölgesi'nde ise hane halkının sadece %57.8'inin iyotlu tuz kullandığı görülmüyordu (TNSA,2008). Şanghay'da 1996'dan beri evlerde tuzun iyotlanmasının ve tuzlama yapılan bölgelerdeki değerlendirmelerde ise orta düzeyde iyotlu tuz kullanımının bile, hiç tuz kullanmayanlara oranla kişilerdeki iyot düzeylerinde artışa neden olduğu gösterilmiştir (Wang et al., 2019). Muğla'da sağlıklı gebe kadınlarda iyot düzeyi yeterliliği ile ilgili yapılan çalışmada kadınların %71.9'unun gıdalarına iyotlu tuz eklediği belirlenmiştir (Kasap et al., 2016). Bu oran bizim çalışma oranlarından düşüktür. Eğri ve ark.'nın (2009) yaptıkları çalışmada gebe kadınların %42.6'nın iyotlu tuz kullandığı belirlenmiştir, bizim çalışmamıza göre düşük orandadır (Egri et al., 2009). Karmakar ve arkadaşları (2019) hane halkı iyotlu tuz kullanımı ile ilgili yaptıkları çalışmada halkın bilgi ve tutumlarını (sırasıyla %46.7 ve %41.1) düşük bulmuş, ancak iyotlu tuz kullanım uygulamalarını yüksek (% 83.3) bulmuştur.

İyotlu tuz kullandığını belirten kadınların yaklaşık yarısı (%48.2) iyotlu tuzu sağlık için gerekli olduğu, %13.7'si guatr olmamak için gerekli olduğu için kullandığını belirtirken, diğerleri temiz-kaliteli-lezzetli olduğu (%5.3), herkes önerdiği (%9.5) için ya da herhangi bir nedeni olmadan (%20.4) kullandığını belirtmiştir. Bu durum halk sağlığı ortamında kadınların iyotlu tuz kullanımı konusunda bilgilendirilmeleri gerektiğini ortaya koyması bakımından önemlidir.

İyotlu tuz kullanmadığını belirtenlere nedenleri sorulduğunda, gerekli olmadığını düşündüğü için, piyasada bulamadığı için, doktor kullanmamasını önerdiği ve tadı/ kokusu iyi olmadığı için iyotlu tuz kullanmadığını ifade etmiştir. Bu durum eğitimin gerekliliğini bir kez daha göstermektedir. Joseph ve arkadaşlarının (2019) yaptığı çalışmada %50'si tuzun tadını beğenmediği için kullanmak istememekte idi. Bu oran bizim çalışma oranımızdan oldukça yüksektir (Uhlig et al., 2019).

Kadınlar iyotlu tuzu, mutfak dolabında (%48.9), mutfak rafında (%22.5), ocağın hemen yanında (%20.2), masanın üstünde (%6.9)ve buzdolabında (%15) sakladıklarını belirtmişlerdir. İyotlu tuzun sağlıklı kullanımı tuzun güneş almayan kuru ortamlarda muhafaza edilmesi ile mümkündür. Ocağın hemen yanında sıcak olan bir ortamda saklanması (%20.2) oldukça yanlış bir uygulamadır. Bu Vasudevan ve ark.'nın (2019) yaptığı çalışma sonuçlarından (sobanın yanında: %6.2) yüksek orandadır (Vasudevan et al., 2019). Kadınların ifadelerine bakıldığında tuzun kuru ve güneş almayan ortamlarda saklandığını söyleyemeyiz. Kullandıkları iyotlu tuzu ise kapaklı cam kavanozda (%60.9), satın aldığı plastik torba/poşette (%16.8), kapaklı plastik kapta (%7.6), kapaklı porselen kapta (%4.6), kapaklı ışık geçirmeyen kavanozda/ renkli cam kapta (%3.4), açık tuzlukta/ cam kavanozda (%2.1), kapaklı melamin kapta (%0.4), kapaklı çinko kapta (%0.2) sakladıklarını belirtmişlerdir. Şangay da yapılan çalışmada kadınların kullandıkları iyotlu tuzu, plastik torba (%11.1), cam kap (%66.7), hafif su geçirmez kap (%12.6), açık tuzluk (%9.6) gibi kaplarda sakladıkları belirlenmiştir (Wang et al., 2019). Bizim çalışma sonuçlarımıza benzer sonuçlar görünse de çalışmamızda tuzun sadece %16.2 oranında kapalı, ışık geçirmeyen kaplarda sağlıklı biçimde saklandığını, düşük oranda açık kaplarda saklandığını, büyük çoğunluğunun kapaklı cam kaplarda saklandığını görmekteyiz.

İyotlu tuz yemeklere piştikten sonra konulmalıdır, eğer pişirme esnasında kullanılırsa bozulmaktadır (Troid Çalışma Grubu, 2019). Bizim çalışmamızda ise kadınların %61.1'i tuzu yemeği pişirirken, %12.6'sı hemen ocağa koyarken ekliyordu. Kadınların %18.9'u yemeği ocaktan almadan önce doğru biçimde ekliyordu. Bu sonuçlar kadınların tuzu doğru kullanım oranının düşük olduğunu, doğru kullanılmadığını dolayısı ile iyot eksikliği açısından iyotun etkinliğini azaltacağını göstermektedir. Muğla'da çalışma bulgularımıza benzer şekilde kadınlar %60.7 oranında tuzu pişirmeden önce yemeğe eklemişlerdi. Bizim çalışma sonuçlarımıza benziyordu (Kasap et al., 2016). Öncel ve ark.'nın (2008) çalışmasında kadınlar bizim çalışmamıza oranla daha fazla oranda (%26,7) yemeği ocaktan almadan önce tuzu ekliyordu. Ülkemizde iyotlu tuz üretimi, paketlenmesi ve dağıtımı ile ilgili tüm düzenlemeler yasal olarak yerine getirilmiş olmasına rağmen, iyotlu tuzun marketlerden evlere gelmesi ve özellikler iyotlu tuzun evlerde kullanımı ve saklama koşulları ile ilgili eksikliklerin olduğu ve devam ettiği çalışmamızla bir kez daha gösterilmiştir.

Ayrıca çalışmamızdaki katılımcıların büyük bir kısmının (%75.4) iyotlu tuzun hiçbir kayba uğramadığı yönünde bir bilgisi vardı. Bu bilgi de yanlıştı, oysa iyotlu tuz hava ile temas ettiğinde buharlaşarak kayba uğramaktadır. Kayba uğradığını söyleyenler (%24.6) ise bunun nedeninin yanlış kullanmaya bağlı olduğunu (%45.3) ifade etmiştir. Doğru bilgiye sahip olma oranı ise düşüktü. Bir başka çalışmada halkın %95.4'ü tuzu evde kapaklı kaplarda, %2.2'si orijinal paketinde saklıyordu (Vasudevan et al., 2019). Tuzu kapalı kapta saklama oranı bizim çalışmamızdan oldukça yüksek iken orijinal paketinde saklama oranı oldukça düşüktür.

Çalışmadaki katılımcıların sadece %30.7'si tuz alırken iyotlu olup olmadığına dikkat ettiklerini belirtmişlerdir. Bu iyotlu tuzun daha bilinçli kullanımına dolayısı ile anne ve yenidoğan sağlığına olumlu katkı sağlayacaktır. Yine ülkemizdeki başka bir çalışmada kadınların %48,3'ü tuz satın alırken özellikle iyotlu olmasına dikkat ettikleri, %69,9'u ise evlerinde iyotlu tuz kullandıkları belirlenmiştir (Öncel et al.,2008). Bizim çalışmamızda evlerde iyotlu tuz kullanım oranı biraz daha yüksektir (%75) ve hala hedeflenen değerlerden düşüktür.

Çalışmamızda yaş grubu, çalışma durumu, gelir ve eğitim durumunun iyotlu tuz hakkındaki bilgi alma durumunu etkilediği, gelir ve eğitim durumu arttıkça bilgi artmaktaydı; ekonomik durumun kadınların kullandıkları tuzun iyotlu olup olmadığını bilme ve tuz alırken neye dikkat ettiklerini bilme durumunu etkilediği de söylenebilir. Buna karşılık katılımcıların yaş, eğitim ile ekonomik durumunun evlerinde iyotlu tuzu nerede sakladıkları, iyotlu tuzu hangi kaplarda sakladıkları ve iyotlu tuzu yemeğe ne zaman ekledikleri arasında istatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır. Ülkemizde yapılan bir çalışmada çalışmamıza benzer biçimde kadınların eğitim düzeyi yükseldikçe iyotu bilenlerin, satın alırken özellikle iyotlu olmasına dikkat edenlerin, evde iyotlu tuz kullananların, tuzu kapalı dolapta saklayanların oranlarının yükseldiği belirtilmiştir (Öncel et al.,2008). Şangay da yapılan çalışmada gebelerdeki idrar iyot konsantrasyonunun iyi olduğu, eğitim seviyesi, aylık gelir arttıkça, iyotlu tuz tüketme, pişirme sırasında veya pişirme sonrasında yemeğe tuz ekleme, yüksek idrarda iyot konsantrasyonu oranının artışı arasında bir ilişki olduğu belirlenmiştir (Wang et al., 2019). Bazezew ve arkadaşlarının (2018) yaptığı çalışmada benzer biçimde eğitim ve gelir düzeyinin kadınların bilgisi üzerinde etkili olduğu, eğitim ve gelir düzeyi arttıkça kadınların iyotlu tuz kullanımının arttığı belirtilmiştir. Muğla'daki çalışmada pişirme sırasında veya sonrasında yiyeceklere tuz eklenmesi ve günde 2 kereden fazla fındık tüketimi idrarda iyot artışında anlamlı derecede ilişkili bulunmuştur (Kasap et al., 2016).

Katılımcılardan doğum yapmış olanların %3.2'nin çocuğuna guatr teşhisi konduğu, ayrıca yine aynı grubun %33.2'nin ailesinde guatr teşhisi alanların olduğu görülmektedir. Ayrıca kadınlar bu vakaların %23.3'ü birinci derece akraba olduklarını belirtmişlerdir. Üstelik guatr teşhisi alanları %15.2'si kendisi idi. İyot eksikliği görülen bölgelerde iyotlu tuz kullanımının artırılmasının önemli olacağı, ayrıca iyotlu tuz kullanımı hakkında eğitim verilerek toplumun bilgilendirilmesinin yararlı olacağı açıktır. Öncel ve arkadaşları (2008) Antalya il merkezinde bulunan iki sağlık ocağı bölgesindeki kadınların iyotlu tuz kullanma durumlarını belirlemek için yaptıkları çalışmada, kadınların %7,1'inin kendisinde guatr olduğunu ifade ettiği belirlenmiştir. Çocuklarda guatr tanısının konmuş olması endemik açıdan da dikkate alınması gereken bir durumdur. Pekcan'ın da aktardığı gibi yenidoğan bebeklerde hipotiroidizm sorunları görülmeye devam etmiş (Pekcan, 2019) ve 2010 yılında yıl içinde doğan bebeklerin taranması sonucunda, 2550 bebeğe konjenital hipotiroidizm (geçici vakalar dahil) tanısı konmuştur (Pekcan, 2019). Hipotiroidinin anan ve bebek sağlığı açısından önemi daha iyi vurgulanabilir.

4. Sonuç ve öneriler

Bulgularımıza dayanarak katılımcıların iyotlu tuz kullanımına ilişkin bilgilerinin yetersiz, önemli uygulama hataları yaptıklarını söyleyebiliriz. İyotlu tuz kullanım oranı yüksek olsa da kullanım sırasında yapılan hatalar iyotun etkinliğini azaltmaktadır.

Bu nedenle halk sağlığını doğrudan etkileyecek iyotlu tuz kullanımı hakkında toplumun bilgilendirilmesi yararlı olacaktır. Bu konuda özellikle ev kadınlarının, hedef kitle olması, yazılı, görsel basında konu ile ilgili bilinci artıran yayınların yapılması önerilebilir.

Teşekkür

Çalışmada verilerin toplanması sırasında katkı veren tüm katılımcılara teşekkür ederiz.

Bu çalışma, 4. Uluslararası 5. Ulusal Ebelik Kongresi'nde (2019-Ankara), sözel bildiri olarak sunulmuştur.

Referanslar

Anderson, M., de Benoist, B., Darnton-Hill, I., & Delange, F. (2007). Iodine deficiency in Europe: a continuing public health problem. In World Health Organization. <https://doi.org/10.1007/978-1-4899-1245-9>

Aslan, N., Kurku, H., & Pirgon, Ö. (2015). Isparta Province Isparta İli Okul Çağı Çocuklarında İdrar İyot Atılımı ve İyot Eksikliği Durumu. *Journal of Clinical and Analytical Medicine*, 1–5. <https://doi.org/10.4328/JCAM.3845>

Bazezew, M.M., Yallew, W.W., & Belew, A.K. (2018). Knowledge and practice of iodized salt utilization among reproductive women in Addis Ababa City. *BMC Res Notes*, 11,734. <https://doi.org/10.1186/s13104-018-3847-y>

- Çetinkaya, K., Ingeç, M., Çetinkaya, S., & Kaplan, I. (2012). Iodine deficiency in pregnancy and in women of reproductive age in Erzurum, Turkey. *Turkish Journal of Medical Sciences*, 42(4), 675–680. <https://doi.org/10.3906/sag-1101-1474>
- de Benoist, B, Andersson, M., Takkouche, B., & Egli, I. (2003). Prevalence of iodine deficiency worldwide. *The Lancet*, 362, 1859–1860.
- de Benoist, Bruno, McLean, E., Andersson, M., & Rogers, L. (2008). Iodine Deficiency in 2007: Global Progress since 2003. *Food and Nutrition Bulletin*, 29(3), 195–202. <https://doi.org/10.1177/156482650802900305>
- Egri, M., Ercan, C., & Karaoglu, L. (2009). Iodine deficiency in pregnant women in eastern Turkey (Malatya Province): 7 Years after the introduction of mandatory table salt iodization. *Public Health Nutrition*, 12(6), 849–852. <https://doi.org/10.1017/S1368980008003315>
- Erdoğan, M. F., Ağbaht, K., Altunsu, T., Özbaş, S., Yücesan, F., Tezel, B., Sargin, C., İlbeğ, I., Artik, N., Köse, R., & Erdoğan, G. (2009). Current iodine status in Turkey. *Journal of Endocrinological Investigation*, 32(7), 617–622. <https://doi.org/10.3275/6379>
- Idiz, C., & Yarman, S. (2015). Gebelik ve Laktasyon Döneminde İyodun Önemi. *Bes Diy Derg*, 43(3), 244–250.
- Karmakar, N., Datta, A., Nag, K., Datta, S. S., & Datta, S. (2019). Knowledge, attitude, and practice regarding household consumption of iodized salt among rural women of Tripura, India: A mixed-methods study. *Journal of education and health promotion*, 8, 21. https://doi.org/10.4103/jehp.jehp_248_18
- Kasap, B., Akbaba, G., Yeniçeri, E. N., Akın, M. N., Akbaba, E., Öner, G., Turhan, N., & Duru, M. E. (2016). Adequate iodine levels in healthy pregnant women. A cross-sectional survey of dietary intake in Turkey. *Saudi Medical Journal*, 37(6), 698–702. <https://doi.org/10.15537/smj.2016.6.13887>
- Köksal, E., & Pekcan, G. (2009). Gebe Kadınlar ile Yeni Doğanlarının İdrarla İyot Atım Durumlarının İlişkisi. *Sted*, 18(4), 66–71.
- Kurtoglu, S., Akcakus, M., Kocaoglu, C., Gunes, T., Budak, N., Atabek, M. E., Karakucuk, I., & Delange, F. (2004). Iodine status remains critical in mother and infant in Central Anatolia (Kayseri) of Turkey. *European Journal of Nutrition*, 43(5), 297–303. <https://doi.org/10.1007/s00394-004-0474-2>
- Kut, A., Gursoy, A., Şenbayram, S., Bayraktar, N., Budakoğlu, I. I., & Akgün, H. S. (2010). Iodine intake is still inadequate among pregnant women eight years after mandatory iodination of salt in Turkey. *Journal of Endocrinological Investigation*, 33(7), 461–464. <https://doi.org/10.3275/6767>
- Li, M., & Eastman, C. J. (2012). The changing epidemiology of iodine deficiency. *Nature Reviews Endocrinology*, 8(7), 434–440. <https://doi.org/10.1038/nrendo.2012.43>
- Öncel, S., Akcan, A., Polat, H., & Koçoğlu, G. (2008). Antalya’da iki sağlık ocağı bölgesindeki kadınların iyotlu tuz kullanımı ile ilgili uygulamaları. *TAF Prev Med Bull*, 7 (4), 291-296.
- Öztürk, İ., & Garipağaoğlu, M. (2018). Salt Consumption and Health: Review. *Türkiye Klinikleri Journal of Health Sciences*, 3(1), 57–65. <https://doi.org/10.5336/healthsci.2017-55160>
- Pekcan, A. G. (2019). Türkiye’de yetersiz ve aşırı beslenmeye (açlık) bağlı sorunlar (K. Şahin (ed.)). http://www.tuba.gov.tr/files/yayinlar/raporlar/I_Gıda_ve_Sağlıklı_Beslenme_Raporu-web.pdf
- Roy, R., Chaturvedi, M., Agrawal, D., & Ali, H. (2016). Household use of iodized salt in rural area. *Journal of Family Medicine and Primary Care*, 5(1), 77. <https://doi.org/10.4103/2249-4863.184628>
- TNSA. (2008). Türkiye Nüfus ve Sağlık Araştırması. In Erişim adresi: http://www.hips.hacettepe.edu.tr/tnsa2008/data/TNSA-2008_ana_Rapor-tr.pdf.
- Troid Çalışma Grubu. (2019). Tiroid Hastalıkları Tanı ve Tedavi Kılavuzu. http://temd.org.tr/admin/uploads/tbl_kilavuz/20190426165340-2019tbl_kilavuze72e4ddf38.pdf
- Uhlig, S., Groot, J., Jansen, E., & Scherder, E. (2019). Rap & Sing Music Therapy and sleep in adolescents: A single-blind cluster randomized controlled trial. *Nordic Journal of Music Therapy*, 28(1), 60–70. <https://doi.org/10.1080/08098131.2018.1542613>

Uzun, S. U., Özdemir, C., & Zencir, M. (2016). Pamukkale Üniversitesi Öğrencilerinin Tuz Kullanımı ile İlgili Bilgi, Tutum ve Davranışları. *Fırat Tıp Dergisi*, 21(4), 187–194. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=120473071&lang=es&site=ehost-live>

Vasudevan, S., Senthilvel, S., & Sureshababu, J. (2019). Knowledge attitude and practice on iodine deficiency disorder and iodine level in salt in retail and vendors among the rural population in south India: A community based observational and descriptive study. *Clinical Epidemiology and Global Health*, 7(3), 300–305. <https://doi.org/10.1016/j.cegh.2018.10.002>

Wang, Z., Zang, J., Shi, Z., Zhu, Z., Song, J., Zou, S., Jin, W., Jia, X., Guo, C., & Liu, S. (2019). Iodine status of 8 to 10 years old children within 20 years following compulsory salt iodization policy in Shanghai, China. *Nutrition Journal*, 18(1), 63. <https://doi.org/10.1186/s12937-019-0491-x>

Zimmermann, M. B. (2009). Iodine deficiency in pregnancy and the effects of maternal iodine supplementation on the offspring: a review. *Am J Clin Nutr*, 89, 668–673. <https://doi.org/10.3945/ajcn.2008.26811C.1>

Zimmermann, M. B., & Andersson, M. (2012). Assessment of iodine nutrition in populations: Past, present, and future. *Nutrition Reviews*, 70(10), 553–570. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2012.00528.x>

Effect of Active Filler Ratio on Indirect Tensile Strength of Foam Bituminous Mixtures

Kemal Muhammet Erten ^{a,1}, Serdal Terzi ^b, Hüseyin Akbulut ^c

^a Dazkırı Vocational School, Construction Inspection Department, Afyon Kocatepe University, Afyonkarahisar, 03950, Turkey
ORCID ID: 0000-0001-5181-4109

^b Faculty of Engineering, Civil Engineering Department, Süleyman Demirel University, Isparta, 32200, Turkey
ORCID ID: 0000-0002-4776-824X

^c Faculty of Engineering, Civil Engineering Department, Afyon Kocatepe University, Afyonkarahisar, 03200, Turkey
ORCID ID: 0000-0003-4504-4384

Abstract

Highway pavement construction has been one of the most important raw material consuming area in the construction industry, which has been causing huge amount of environmental damages and rapid diminish of raw material resources. In order to increase the usage rates of cold recycled pavement materials in road construction works, mixing with bitumen and hydraulic binders have often been used for some time in the pavement construction. These additional materials are; with the contribution they make to the performance of the cold mixes, they increase the usage rates of the recycled materials, thereby enabling the increase of environmental and economic advantages. In this study conducted to investigate the effects of foam bitumen and three different types of active filler material (cement, hydrated lime, fly ash) on cold recycled mixtures. Productions were made for different bitumen percentages with 70 / 100-100 / 150-160 / 220 grade penetration bitumens. Different percentages of active filler materials were used in the productions. Thus, the roles of variables such as bitumen grade, bitumen percentage, active filler type and percentage were evaluated in the mixture. As evaluation criteria, ITS_{DRY} (dry indirect tensile strength), ITS_{WET} (wet indirect tensile strength), TSR (tensile strength retain) and flow parameters were used. Data obtained as a result of the experimental study; the use of cement from active filler products and increasing the percentage of cement in the mixture, using bitumen with high penetration as a bitumen and reducing the percentage in the mixture showed that the mixtures had a positive effect on ITS values. However, the decrease in the bitumen percentage and the increase in the cement percentage have reduced the flow values of the material.

Keywords: “Active filler, indirect tensile strength, foam bitumen”

1. Introduction

Due to the increasing demand for, roads and comfort expected from the roads, the road construction and the consumption of raw materials need to be used increase accordingly.

Because of use of sustainable material resources and environmental factors affecting road construction, asphalt recycling technology has been developed for road rehabilitation and construction in western countries for the last 20 years due to the advantages of less raw material and fossil fuel consumption, lower carbon footprint and increasing pavement performance [1].

Different stabilizer products are used to increase the performance of cold recycled materials, especially with their high environmental gains. The main ones are active filler materials and foam bitumen, which are widely used today.

These materials are used together in recycled asphalt to improve the mechanical properties of the mixture by closing the deficiencies caused by high void content [2, 3].

Active filler materials such as portland cement, hydrated lime and fly ash, which are frequently encountered in the literature, used to improve the mechanical properties of cold recycled mixtures. When it is considered for short term, it provides the road to be opened to traffic early, and in the long run, they increase the hardness and strength of the cold recycled material [4, 5, 6]. If active fillers are used together with bitumen; increases the adhesion of bitumen, increases the strength by increasing the tightness of the mixture, decreases the aggregate plasticity. However, the use of active fillers products is mostly limited to 1%. This is because these products cause a brittle structure in the mixture, increasing the risk of shrinkage and traffic crack [7].

¹ Corresponding author. Tel.: +0-533-294-2814
E-mail address: kmerten@aku.edu.tr

Mixing water [8], another product used in the cold recycled material mixture and whose role in production is to be workability, causes the physical structure of the cold recycled materials to develop over time (curing), which improves the mechanical properties (such as rigidity and strength) over the long term [8 , 9]. Insufficient mixing water decreases the workability and negatively affects the homogeneous dispersion of the binder, but too much water prolongs the curing time [10].

The foam bituminous mix design is largely based on empirical studies and lacks generally accepted design procedures [11]. The aim in the mix design is to optimize mix strength properties in the worst case, i.e., wet conditions [10]. In the soaked state, most moisture-sensitive bonds are lost. Therefore, the performance of foam bituminous mixtures can be better understood in a soak state [13]. ITS test is a suitable method to evaluate foam bituminous mixtures in this way [10].

The TSR (tensile strength retain) value obtained by proportioning the ITS values after conditioning (ITS_{WET}) and pre-conditioning (ITS_{DRY}) are used to calculate the damage caused by the water effect, and it is thought to the higher the TSR value, the better moisture damage resistance in the mixture [12].

Wirtgen [7] recommends ITS_{WET} value of at least 100 kPa, ITS_{DRY} value of at least 225 kPa and TSR value of at least 50% limit values and these values are generally accepted in practice. It is also stated that foam bituminous mixtures have a high void content (10-15%) [7].

In the literature; it is stated that if cement is added to the cold recycled pavement materials, prolonging the curing time will increase the strength [14], and also increase the percentage of cement in the recycled material with foam bitumen [15], and increase the percentage of foam bitumen will have a positive effect on the ITS_{WET} value [15, 16].

It was stated by Kar et al. [17] that a higher ITS value will be obtained with high viscosity bitumen, and the increase in bitumen percentage will increase the ITS value up to a point and then the value will decrease.

Iwanski and Kowalska [18] stated that adding 2.5% bitumen binder (foamed bitumen) and 2.0% hydraulic binder (portland cement) will provide the necessary physical (air void content) and mechanical parameters (ITS_{DRY} , ITS_{WET} and TSR).

Romeo et al. [19] stated that optimum filler percentages for mixtures stabilized with bitumen; cement not exceeding 1% and lime of 2% or more.

In the study, cement, hydrated lime, fly ash active filler products and foam bituminous mixtures formed with different combinations for different percentages of 70/100 - 100/150 - 160/220 bitumen grades and different combinations for different percentages were evaluated in terms of ITS and TSR parameters. In addition, the effect of prolonging the curing time on the ITS_{WET} results was observed.

2. Materials and Methods

Recycled material gradation obtained from an existing road for experimental studies is shown in Table 1. Only this material was used in the productions evaluated in the study and no new aggregate substitution was made from the outside.

Table 1. Recycled asphalt material gradation used in the study

Sieve Size (mm)	Gradation (% Passing)
25	100
19	96
12.5	87
9.5	79
4.75	58
2	33
0.425	9
0.180	4
0.075	1.6

For the productions, firstly the expansion ratio and half life values of the bitumen used in the study were determined and the ideal foaming temperature and optimum foaming water values were determined for each bitumen grades (Table 2).

Table 2. Bituminous foaming results of bitumen used in the study

Bitumen Grade	Foamed Temperature	Water Percent	Expansion Ratio	Half Life (s)
---------------	--------------------	---------------	-----------------	---------------

(Tüpraş)				
70/100	170°C	2,00	20,01	10,27
100/150	170°C	2,00	21,19	10,20
160/220	160°C	2,00	20,74	9,28

The procedure recommended by Wirtgen [7] was used for productions. Standard Marshall briquettes of 4 inches in diameter were prepared for each mixture. The briquettes were removed from the molds the next day of production and placed in an oven at a constant temperature of 40°C and kept for 72 hours. At the end of this period, 3 of the samples taken from the oven were broken and ITS_{DRY} values were calculated, and 3 briquettes were placed in a water bath at 25°C for a further 24 hours, and ITS_{WET} values were determined by taking it from the water bath after 24 hours (Equation 1). TSR values were calculated according to ITS_{DRY} and ITS_{WET} values (Equation 2). After the curing procedure mentioned for two of the productions given in the study, additional 3 briquettes were kept in a water bath at 25°C for a further 7 days and ITS values were obtained. Thus, moisture damage was tried to be observed in samples that waited more in water bath.

$$ITS = \frac{10^6 * 2 * P}{\pi * h * d} \quad (1)$$

$$TSR = \frac{ITS_{WET}}{ITS_{DRY}} * 100 \quad (2)$$

Where;

P: Maximum load (kN)

h: Briquette height (mm)

d: Briquette diameter (mm)

Different production combinations have been created for; 3 different bitumen, 3 bitumen grades as 70 / 100-100 / 150 and 160/220, 3 different bitumen percentages as 1.9%, 2.5% and 3.1%, 3 different active filler type as cement-hydrated lime-fly ash and non active filler, 3 different active fillers percentages as 0.5%-1% and 2%, and additionally for a production where 1% hydrated lime and 1% fly ash are used together. With these productions, it is aimed to learn about the roles of variables such as bitumen grades and percentage, active filler type and percentage in the mixture. In order to eliminate the complexities that may arise in comparisons, some variables were kept constant in each production series as determined below.

In Figure 1; For 70/100 bitumen grade and 2.5% fixed bitumen percentage, the effect of active filler type and percentage change on ITS_{DRY} , ITS_{WET} and TSR values were evaluated.

In Figure 2; The effects of 70/100 bitumen grade and fixed active filler (cement) change in bitumen percentage and cement percentage on ITS_{DRY} , ITS_{WET} , TSR values were evaluated.

In Figure 3; with the use of 70/100 bitumen grade and fixed active filler (cement), the effects of bitumen percentage and cement percentage change on flow values were evaluated.

In Figure 4; the effects of bitumen grade change and cement percentage change on ITS_{DRY} , ITS_{WET} and TSR values for constant active filler (cement) and 2.5% fixed bitumen percentage were evaluated.

In Figure 5; for 2.5% fixed bitumen percentage and fixed active filler percentage (1%), the effect of bitumen grade and active filler type change was evaluated.

Finally, in Figure 6; the change of ITS_{WET} and ITS_{WET} values at the end of 7 days were evaluated for the samples that were produced with 70/100 bitumen grades and 2.5% bitumen percentage, and kept in the water bath for 7 days after the standart curing procedure applied in the study in 2% cement and 1% hydrated lime mixtures.

Abbreviations for mixtures:

1.9-2.5-3.1: Bitumen Percentage

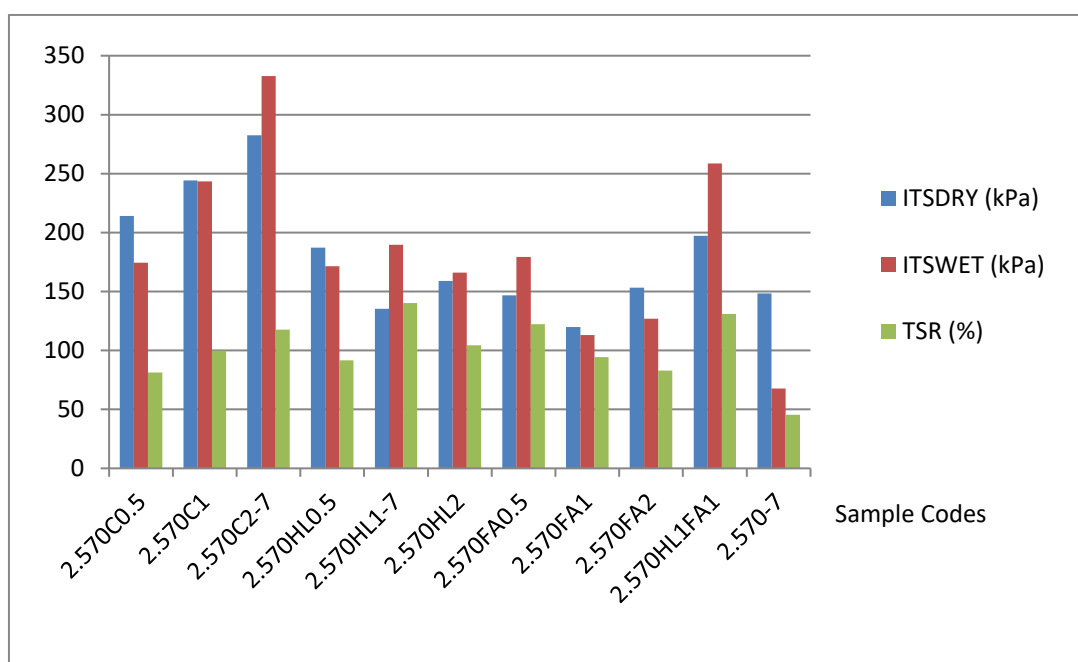
70 (70/100)-100 (100/150)-160 (160/220): Bitümen Grades

C: Cement, HL: Hydrated Lime, FA: Fly Ash

Table 3. Sample codes for some productions

Sample Code	% Bitumen	Bitumen Grade	Active Filler Type	% Active Filler	Additional Curing Days
2.570C0.5	2.5	70/100	Cement	0.5	-
2.570HL2	2.5	70/100	Hydrated Lime	2	-
2.570FA1	2.5	70/100	Fly Ash	1	-
2.570-7	2.5	70/100	-	-	7

3. Results and Discussion

**Figure 1. ITS and TSR values for variable fillers type and percentage**

As can be seen from Figure 1;

As stated in Chapter 1 by [14], the percentage increase of fillers in cemented productions increased ITS_{DRY} , ITS_{WET} and TSR values.

In the hydrated lime and fly ash series, the percentage change of fillers did not show a certain decrease or increase tendency, but the values remained well below the limit values, especially in the fly ash series. However, in production where two fillers are used together, ITS values have increased significantly compared to the series with single active fillers.

While the ITS_{DRY} value in the series without active fillers has decreased very much, it is thought that the ITS_{WET} value has exceeded some production values of the fly ash and hydrated lime series and the limit values recommended by Wirtgen [7], the water entering the spaces due to the void structure of the material creates a pore water pressure and this affects the results.

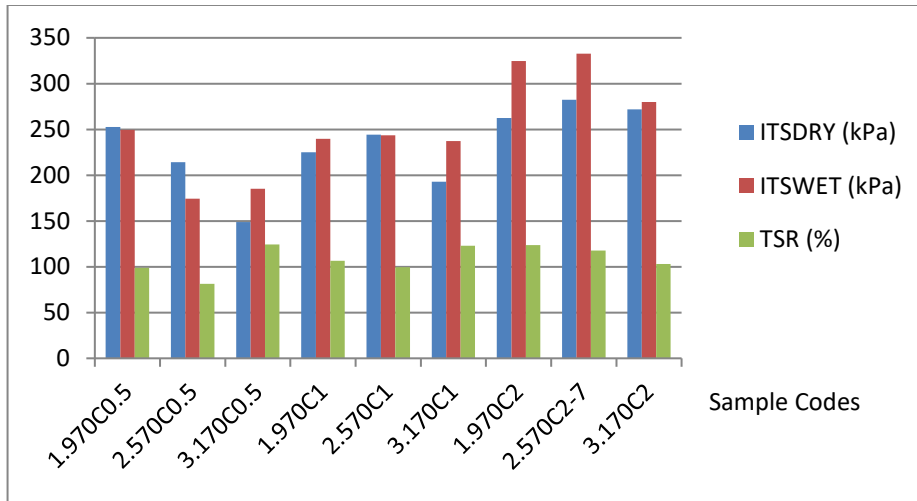


Figure 2. ITS and TSR values for variable filler percentage and bitumen percentage

As can be seen from Figure 2;

Both ITS_{DRY} and ITS_{WET} values reached a maximum of 1.9 and 2.5 bitumen percentages in all fillers percentages, with no production achieved a maximum of 3.1 bitumen percent. TSR values recommended by Wirtgen [7] provided limit values in all productions. The increase in ITS values with the percentage of cement seen for 2.5% bitumen in Figure 1 was seen for other bitumen percentages in Figure 2. Cement percentage increase reflects positively on the results regardless of the bitumen percentage. This is an indication that the distribution of the bitumen will be better with the increase of fine material in the mixture and accordingly, the moisture sensitivity will decrease.

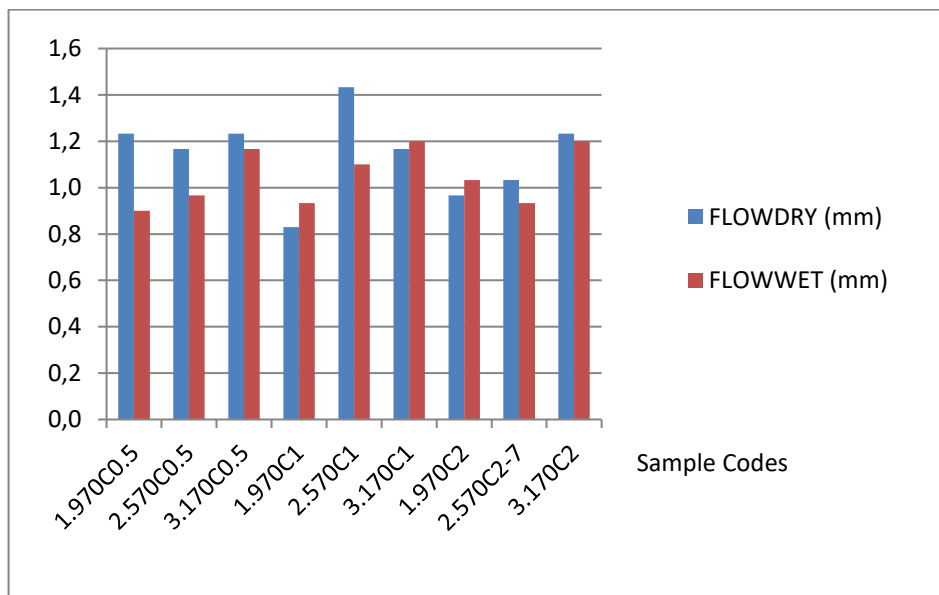


Figure 3. Flow values for variable filler percentage and bitumen percentage

As can be seen from Figure 3;

Although the bitumen percentage increase was not a clear trend in all fillers percentages, it had an effect on increasing flow values. With the increase in the percentage of fillers, the flow values of the ITS_{DRY} briquettes did not change much, but the flow values of the ITS_{WET} briquettes tended to decrease. It is thought that the long cured sample (2.570C2-7) in water in 2.5% bitumen productions is somewhat rigid due to the accelerating effect of water's to cement hydration. The fact that the flow values are very low compared to HMA (hot mix asphalt) materials is due to the active fillers' rigidity effect of the products. Low flow rates can cause deteriorations such as fatigue cracks in a short time.

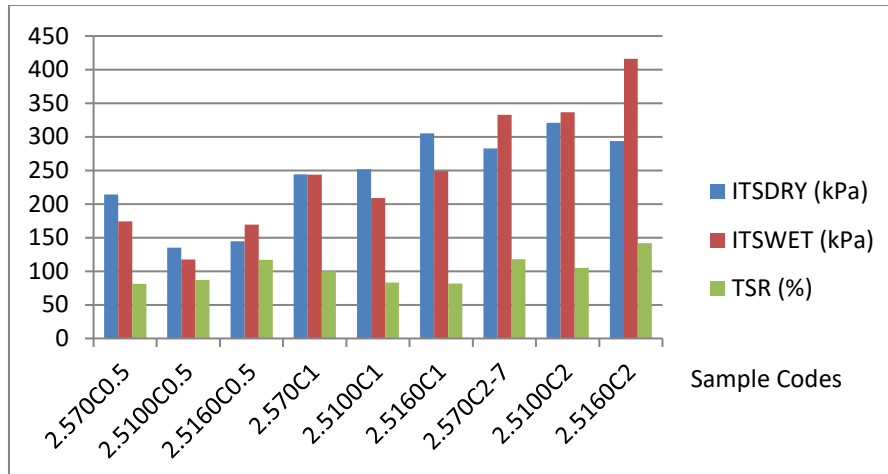


Figure 4. ITS and TSR values for variable filler percentage and bitumen grades

As can be seen from Figure 4;

TSR values were above the limit value in all productions. While the highest ITS values were obtained for 70/100 bitumen for the percentage of 0.5 fillers, the increase in the bitumen grades in parallel with the increase in the percentage of fillers had an increasing effect on the ITS values. In Figure 2, it was stated that the ITS values increased with the increase in the percentage of fillers, and in Figure 2, the highest ITS values for 70/100 bitumen were obtained in the percentage of 2.5% bitumen. In Figure 4, higher values were achieved in other bitumen grades for 2.5% bitumen. This shows that soft bitumens are better distributed during foaming and the material affects ITS values more positively.

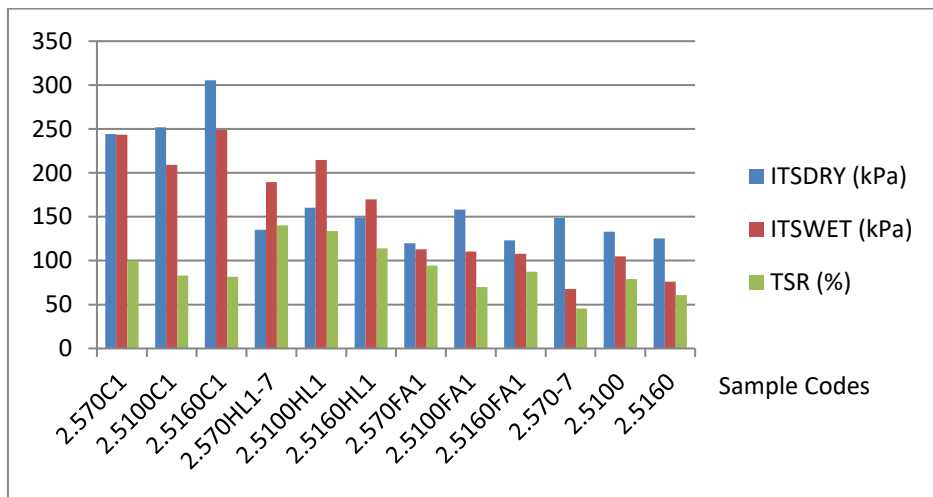


Figure 5. ITS and TSR values for variable filler type and bitumen grades

As can be seen from Figure 5;

The highest ITS values; in the cemented series are 160/220 grade bitumen, 100/150 grade bitumen in hydrated lime series, 70/100 for ITS_{DRY} in the fly ash series, 100/150 for ITS_{WET}, 70/100 for ITS_{WET} in the non-active filler series and 100/150 bitumen for ITS_{DRY} was obtained. This shows that soft bitumens are effective for cement which has rapid hydration in the early days and hydrated lime materials which has high reduction moisture sensitivity properties, and harder bitumens are effective for materials such as non active filler and as fly ash which late hydrated than cement that does not have much effect on strength in the first days of the mixture In Figure 4, the increase in ITS values in 160/220 grades bituminous mixtures with the increase in cement percentage supports this situation.

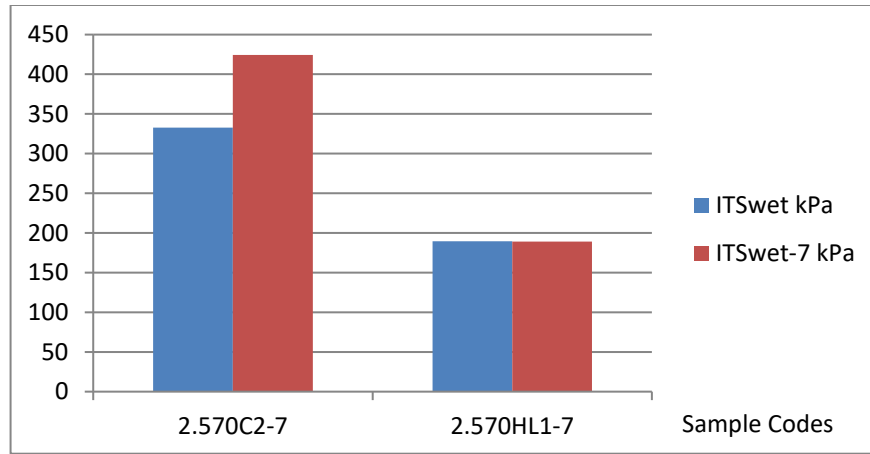


Figure 6. Effect of additional water curing on ITSwet values

As can be seen from Figure 6;

No significant change was observed in the ITS values in hydrated lime samples that were kept in water for 7 days after the standart curing procedure. Hydrated lime reduced the moisture sensitivity of the mixture immediately after production, but in this case it did not create an improvement over time. In cement production, the increase of ITSwet value is due to the increasing cement hydration with water, which develops over time, as mentioned above.

4. Conclusions

The following results have been reached in this study, which was conducted to observe what changes occurred in asphalt pavements recycled with foam bitumen with the change of bitumen, bitumen grades, active filler type, active fillers percentage and curing time, in terms of ITS-TSR and flow values.

- If cement is used in the production, ITS values increase with the increase of curing time. In addition, the use of cement creates a rigid behavior tendency in the material.
- The use of active fillers positively reflected TSR values, which are indicators of moisture damage.
- While using cement in the mixture, the increase in the percentage of fillers positively affects the results, while it is not possible to say such a thing in hydrated lime and fly ash. However, increasing the percentage of fillers using hydrated lime + fly ash increased ITS values.
- Cement is considered to be the ideal type of active filler for foam bituminous mixtures, but the use of soft bitumen with cement is recommended. In addition, although the increase in the percentage of cement increases the ITS results, the risk of cracking should be taken into account as it will stiffen the material.
- It has been observed that soft bitumens are more suitable with products that affect the performance of the mixture, especially from the first days, such as cement.
- Due to the void structure of foam bituminous cold mixes, the pore water pressure can increase the ITSwet results.
- Although increasing bitumen percentage is not a clear trend in all fillers percentages, it has had an increasing effect on flow values. However, using bitumen below 2.5% in terms of ITS for all filler percentages will increase the results.

Based on the results obtained in the study, the correct proportions of foam bitumen and active filler materials to the recycled pavement materials seem promising in terms of mixture performance and environmental benefits.

Acknowledgments

This study was supported by SDU (Süleyman Demirel University) scientific research project 4939-D1-17 and KGM-ARGE/2017-1 KGM (General Directorate of Highways) project.

References

- [1] F. Xiao, S. Yao, J. Wang, X. Li and S. Amirkhanian, “A Literature Review on Cold Recycling Technology of Asphalt Pavement” *Construction and Building Materials*, vol. 180, pp. 579–604, 2018
- [2] M. Bocci, A. Grilli, F. Cardone and A. Graziani, “A Study on the Mechanical Behaviour of Cement–Bitumen Treated Materials” *Construction and Building Materials*, vol. 25, no. 2, pp. 773–778, 2011
- [3] C. Godenzoni, A. Graziani, E. Bocci and M. Bocci, “The evolution of the mechanical behaviour of cold recycled mixtures stabilised with cement and bitumen: field and laboratory study” *Road Materials and Pavement Design*, vol. 19, no. 4, pp. 856–877, 2017
- [4] S.F. Brown and D. Needham, “A study of cement modified bitumen emulsion mixtures”. *Proceedings of the Association of Asphalt Paving Technologists*, pp. 92–121, 2000
- [5] B. Dolzycki, M. Jaczewski and C. Szydlowski, “The long-term properties of mineral cement-emulsion mixtures” *Construction and Building Materials*, vol. 156, pp. 799–808, [2017](#)
- [6] A. Graziani, C. Iafelice, S. Raschia, D. Perraton and A. Carter, “A procedure for characterizing the curing process of cold recycled bitumen emulsion mixtures” *Construction and Building Materials*, vol. 173, pp. 754–762, 2018
- [7] Wirtgen (2012)– Wirtgen Cold Recycling Technology, Wirtgen Cold Recycling Manual, Germany.
- [8] A. Graziani, C. Godenzoni, F. Cardone and M. Bocci, “Effect of curing on the physical and mechanical properties of cold-recycled bituminous mixtures” *Materials & Design*, vol. 95, pp. 358–369, 2016
- [9] F. Cardone, A. Grilli, M. Bocci and A. Graziani, “Curing and temperature sensitivity of cement–bitumen treated materials” *International Journal of Pavement Engineering*, vol. 16, no. 10, pp. 868–880, 2014
- [10] K.M. Muthen, “Foamed Asphalt Mixes Mix Design Procedure” Report. CR-98/077, Dec. 1998.
- [11] G.M. Arguelles, F. Giustozzi, M. Crispino and G.W. Flintsch, “Investigating physical and rheological properties of foamed bitumen” *Construction and Building Materials*, vol. 72, pp. 423–433, 2014
- [12] A. Diab and M. Enieb, “Investigating influence of mineral filler at asphalt mixture and mastic scales” *International Journal of Pavement Research and Technology*, vol. 11, pp. 213–224, 2018
- [13] S. Khosravifar, “Design and mechanical properties of foamed asphalt stabilized base material” M. S. thesis, University of Maryland, Maryland, 2012.
- [14] R. Taha, A.A. Harthy, K.A. Shamsi and M.A. Zubeidi, “Cement stabilization of reclaimed asphalt pavement aggregate for road bases and subbases” *Journal of Materials in Civil Engineering*, vol. 14, no. 3, pp. 239–245, 2002
- [15] H.A.A. Wahhab, M.G. Baig, I.A. Mahmoud and H.M. Kattan, “Study of road bases construction in Saudi Arabia using foam asphalt” *Construction and Building Materials*, vol. 26, pp. 113–121, 2012
- [16] P. Fu, D. Jones and J.T. Harvey, “The effects of asphalt binder and granular material characteristics on foamed asphalt mix strength” *Construction and Building Materials*, vol. 25, pp. 1093–1101, 2011
- [17] S.S. KAR, A.K. SWAMY, D. TIWARI and P.K. JAIN, “Impact of recycled asphalt pavement on properties of foamed bituminous mixtures” *The Baltic Journal of Road and Bridge Engineering*, vol. 13, no. 1, pp. 14–22, 2018
- [18] M. Iwanski and A.C. Kowalska, “Laboratory study on mechanical parameters of foamed bitumen mixtures in the cold recycling technology” *Procedia Engineering*, vol. 57, pp. 433 – 442, 2013
- [19] E. Romeo, G. Betti, A. Marradi and G. Tebaldi, “Effect of active fillers on cracking performance of bitumen-stabilised materials” *Road Materials and Pavement Design*, vol. 19, no. 7, pp. 1563–1574, 2018

Changes in Crop and Irrigation Water Requirements in Niğde

Onur Arslan ^{a,1}

^a Abant İzzet Baysal University, Department of Civil Engineering, 14030, Bolu,
ORCID ID: 0000-0003-2456-1788

Abstract

In this study, changes in crop and irrigation water requirements in Niğde were investigated. Potato, sugar beet and maize are selected for this purpose. These crops are the most grown crops in Niğde and also Niğde provides important portion of potato production of Turkey. Firstly, crop and irrigation water requirements in Niğde were calculated by using CROPWAT based on FAO Penman Monteith method. For this purpose, monthly average temperature, relative humidity, wind speed, sunshine duration and precipitation values of Niğde meteorological station between 1980 and 2017 were used. Then, Mann Kendall Rank Correlation tests were applied. A statistically significant increasing trend at 90% confidence level was determined for crop water requirement of sugar beet. Also, increasing trends were found for both crop and irrigation water requirements. Results of this study refer to climate change and show that the groundwater level in Niğde, where groundwater is used for irrigation, will drop more and more day by day and the sinkhole risk is increasing. Therefore, taking the necessary precautions as soon as possible is extremely important.

Keywords: "Crop and irrigation water requirement, FAO Penman Monteith method, CROPWAT, Mann Kendall Rank Correlation Test, trend, Niğde"

1. Giriş

Dünya nüfusunun artışı ile birlikte enerji ve su tüketimi her geçen gün artmaktadır [1]. Küresel su tüketiminin yaklaşık %90'ı sulama aktiviteleri nedeniyle gerçekleşmekte olup bitkilerin %40'tan fazlası sulama ile üretilmektedir [2]. Devlet Su İşleri'nin 2020 faaliyet raporunda belirtildiği üzere Türkiye'de toplam su potansiyelinin % 77'si sulama suyu, % 23'ü ise içme-kullanma ve sanayi suyu olarak kullanılmaktadır [3]. Bu rapora göre Türkiye'de de su tüketiminin büyük bir bölümünün sulamaya ayrıldığı görülmektedir. Bitki ve sulama suyu ihtiyaçları meteorolojik şartlara bağlı olarak değişmektedir. Ancak son yıllarda yaşanan iklim değişiklikleri de bitki ve sulama suyu ihtiyaçlarını etkileyen önemli bir faktör haline gelmiştir. Bu nedenle su kaynaklarının doğru projelendirilmesi ve yönetilmesi açısından bu değişimlerin incelenmesi büyük önem taşımaktadır.

Bitki su ihtiyacını hesaplamak için çeşitli yöntemler geliştirilmiş olup bu yöntemlerin en popülerleri FAO Penman Monteith yöntemidir. Yöntem sıcaklık, nem, rüzgâr hızı, güneşlenme süresi gibi çeşitli meteorolojik parametreler kullanarak evapotranspirasyonu ve buna bağlı olarak bitki su ihtiyacını hesapladığından diğer yöntemlere göre daha doğru sonuçlar vermektedir. Bu nedenle de sıklıkla tercih edilmektedir. Khavse ve ark., Hindistan'daki Chhattisgarh eyaletinde seçilen üç lokasyonda hardal bitkisinin bitki ve sulama suyu ihtiyaçlarını hesaplamak için [4], Islam ve ark., Kuzeybatı Bangladeş'deki bazı bitkilerin bitki ve sulama suyu ihtiyaçlarını belirlemek için [2], Gürgülü ve Ul İzmir ilinde yetiştirilen bazı bitkiler için bitki su tüketimi değerlerini belirlemek için [5] FAO Penman Monteith yöntemini kullanmışlardır.

Su kaynaklarının yönetimi ile ilgili çeşitli trend analizi çalışmaları yapılmış olup [6-9] bitki ve sulama suyu ihtiyacı ile ilgili trend analizi çalışmaları son yıllarda artmıştır. Supit ve ark., Avrupa Komisyonu Ortak Araştırma Merkezinin bitki büyüme izleme sistemini kullanarak 1976-2005 döneminde Avrupa'da mevsimsel hava şartları ve buna bağlı olarak bitki su ihtiyaçları ve bitki su tüketimleri için en son trendleri araştırmıştır. Buğday tipik kış bitkisi ve şeker pancarı ise tipik bahar/yaz bitkisi olarak seçilmiştir. Avrupa'nın çoğu bölgesinde buğdayın su ihtiyacı için azalma trendi tespit edilmiş iken sınırlı sayıda bazı bölgelerde artma trendleri belirlenmiştir. Fransa ve İspanya'nın Akdeniz kısımlarında şeker pancarı su ihtiyacı için azalma trendi tespit edilmiş ancak Avrupa'nın geri kalan kısmı için ise artma trendi gözlenmiştir [10]. Paltineanu ve ark., güney Romanya'nın çeşitli bölgelerinde bitki ve sulama suyu ihtiyaçlarındaki değişimi araştırmışlardır. Sulama suyu ihtiyaçlarının mayıs ve haziran aylarında arttığı, temmuz ve ağustos aylarında ise aynı değerlerde kaldığı belirlenmiştir [11]. Liu ve ark., kuru ve sıcak Yuanmou bölgesinde 1956-2010 dönemi arasındaki şeker kamışı bitkisinin su tüketimini araştırmışlardır. Şeker kamışı su ihtiyacının son

¹ Sorumlu Yazar. Tel.: +0-374-253-4640 ;fax: +0-374-253-4558 .
E-posta adresi: onarslansdu@hotmail.com

55 yılda düşüş eğiliminde dalgalandığı ve 1980'lerden bu yana önemli ölçüde azalmaya başladığı tespit edilmiştir [12]. Lokhande ve ark., Hindistan'daki Maharashtra eyaletinde Akola istasyonu için son on yılda bitki su ihtiyacındaki trendi araştırmışlardır.

Aylık referans evapotranspirasyon değerlerinin doğrusal azalma trendine bağlı olarak Akola istasyonunda bitki su ihtiyacının gelecekte düşeceği belirtilmiştir [13]. Rajendran ve ark., Srilanka'daki Hakwatuna Oya sulaması için Hükümetlerarası İklim Değişimi Paneli'nin A2 ve B2 senaryoları altındaki mevcut ve gelecekteki sulama suyu ihtiyacını incelemişlerdir. 1972-2001 yılları arasındaki yıllık ortalama yağışla karşılaştırıldığında, yağışın A2 ve B2 senaryoları altında 2041'den 2070'e kadar sırasıyla % 32 ve % 27 artacağını ve su açığının ise % 10 ile % 4 oranında azalacağını belirlemişlerdir [14]. Wang ve ark., 1990-2015 arasındaki sulama suyu miktarındaki değişimleri modifiye Penman-Monteith yöntemiyle incelemiştir. Sulama suyunu hesaplamak için pirinç, buğday, mısır, pamuk ve meyve ağaçları olmak üzere beş ana bitki seçilmiştir. 1990 yılında $193,14 \times 10^8$ m³ olan sulama suyu miktarı 2015 yılında $471,89 \times 10^8$ m³'e çıkmış ve buna göre sulama suyu miktarının $278,74 \times 10^8$ m³ gibi önemli bir oranda arttığı belirlenmiştir. Sulama suyu miktarının 1990'lerden 2002'lere kadar 200×10^8 m³'te sabit kaldığı 2003'ten itibaren ise artmaya başladığı tespit edilmiştir [15].

Niğde'de en çok yetiştirilen bitkiler patates, mısır ve şeker pancarı olup Niğde Türkiye'nin patates ihtiyacının büyük bir bölümünü karşılamaktadır. Konya Kapalı Havzası içerisinde yer alan Niğde ciddi kuraklıkların yaşandığı bir bölge olup sulama için yeraltısuyu kullanılmaktadır. Yeraltısuyunun aşırı kullanımı hem yeraltı suyunun düşmesine hem de obrukların oluşmasına neden olmaktadır.

Bu çalışmada, Niğde'de yetiştirilen patates, şeker pancarı ve mısır bitkilerinin bitki ve sulama suyu ihtiyaçlarının yıllara göre değişimi incelenmiştir. Öncelikle FAO Penman yöntemini kullanan CROPWAT ile bitki ve sulama suyu ihtiyaçları hesaplanmıştır. Ardından Mann Kendall Meritebe Korelasyon testi ile trend analizleri yapılmıştır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Veri

Bu çalışmada, Niğde meteoroloji istasyonunun 1980 ve 2017 yılları arasındaki aylık ortalama sıcaklık, nispi nem, rüzgâr hızı, güneşlenme süresi ve yağış değerleri kullanılmış olup bu veriler Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü'nden alınmıştır.

2.2. FAO Penman Monteith Yöntemi ve CROPWAT

FAO Penman Monteith yöntemine göre referans evapotranspirasyon Denklem 1 ve bitki su ihtiyacı Denklem 2 ile hesaplanmaktadır [16]:

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma \left(\frac{900}{T + 273} \right) u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)} \quad (1)$$

$$ET_c = ET_0 K_c \quad (2)$$

Burada; ET_0 referans evapotranspirasyonu (mm/gün), Δ buhar basıncı eğrisinin eğimini (kPa/°C), R_n bitki yüzeyindeki net radyasyonu (MJ/m²gün), G zemin ısı değişim yoğunluğunu (MJ/m²gün), γ psikrometrik sabiti (kPa/°C), T 2 m yükseklikte günlük ortalama hava sıcaklığını (°C), u_2 2 m yükseklikteki ortalama rüzgâr hızını (m/s), e_s doymuş buhar basıncını (kPa), e_a mevcut buhar basıncını (kPa), ET_c bitki su ihtiyacını (mm) ve K_c bitki katsayılarını göstermektedir.

Bu çalışmada bitki ve sulama suyu ihtiyacını hesaplamak için FAO Penman Monteith yöntemini kullanan CROPWAT yazılımı kullanılmıştır. Etkili yağış hesabı için CROPWAT içindeki aşağıda verilen FAO/AGLW formülü kullanılmıştır.

$$p \leq 70\text{mm} \rightarrow P_{\text{eff}} = 0,6 * P - 10 \quad (3)$$

$$p > 70\text{mm} \rightarrow P_{\text{eff}} = 0,8 * P - 24 \quad (4)$$

Burada; P_{eff} etkili yağışı (mm/ay), P ise aylık yağışı (mm/ay) göstermektedir Sulama suyu ihtiyacı ise Denklem 5 ile hesaplanmaktadır.

$$IN = ET_c - P_{eff} \quad (5)$$

Burada; IN sulama suyu ihtiyacını (mm/ay) göstermektedir.

2.3. Mann-Kendall Meritebe Korelasyon(MKMK) Yöntemi

Trend analizi için MKMK testi [17] kullanılmıştır. Parametrik olmayan bu test ile trendin başladığı yıl tespit edilebilmektedir. Yöntemde veriler için sıralama yapılarak verinin mertebesi belirlenir. Her bir meritebe için kendinden önceki mertebelerden küçük olanlar sayılarak elde edilen ni değerleri toplanarak test istatistiği olan t değeri hesaplanır. t'lerin ortalaması E (t) Denklem 7, varyansı Var (t) Denklem 8 ve MKMK Test istatistiği u(t) ise Denklem 9 ile hesaplanır. Geriye doğru MKMK test istatistiği u'(t) de benzer şekilde hesaplanır.

$$t = \sum_{i=1}^n n_i \quad (6)$$

$$E(t) = \frac{i(i-1)}{4} \quad (7)$$

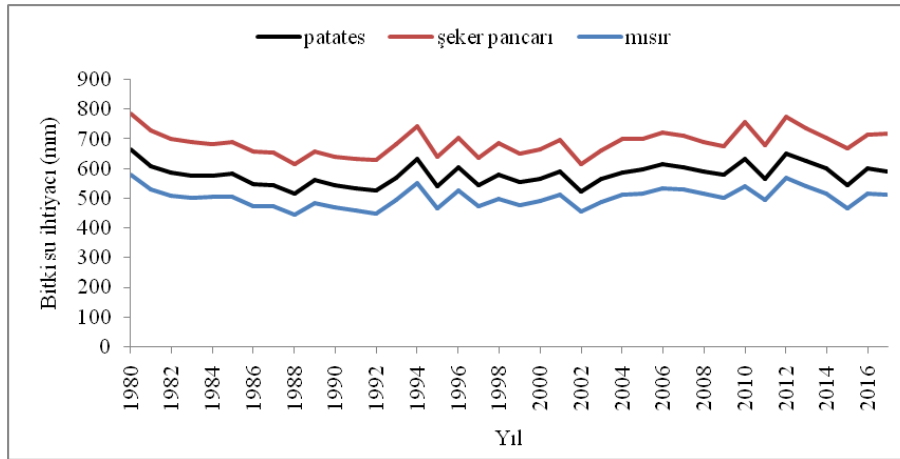
$$Var(t) = \frac{i(i-1)(2i+5)}{72} \quad (8)$$

$$u(t) = \frac{(t - E(t))}{\sqrt{Var(t)}} \quad (9)$$

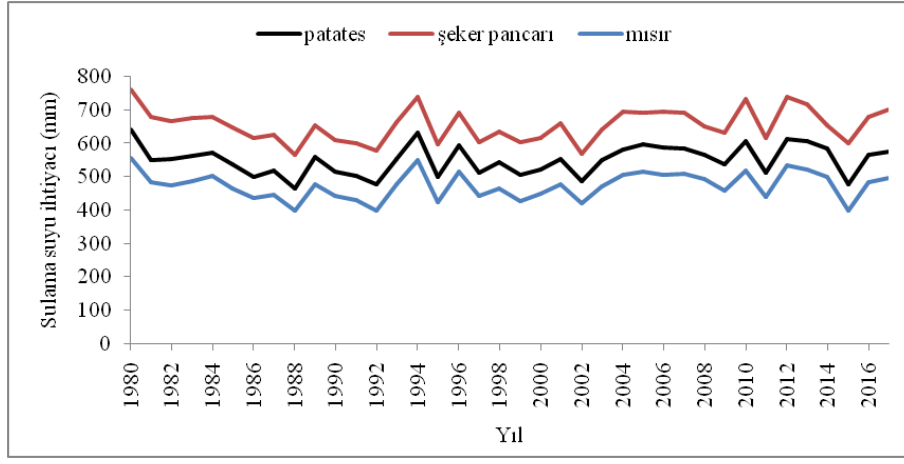
u(t)'nin pozitif çıkması artış eğilimini, negatif çıkması azalış eğilimini göstermekte olup anlamlı bir trend olup olmadığı güven seviyesine göre belirlenen z test değeri ile karşılaştırılarak bulunur. Bu çalışmada MKMK testi için güven aralığı %90 alınmış olup z değeri $\pm 1,645$ arasındadır. u(t) ve u'(t) değerlerinin birbirini kestiği nokta trendin başladığı yeri gösterir.

3. Bulgular

Patates, şeker pancarı ve mısır bitkilerinin bitki su ihtiyaçlarının yıllara göre değişimi Şekil 1'de, sulama suyu ihtiyaçlarının yıllara göre değişimi ise Şekil 2'de verilmiştir. Bitki ve sulama suyu ihtiyacı en yüksek olan bitki şeker pancarıdır. Şeker pancarı bitkisinin bitki su ihtiyacı 614 ile 784,6 mm arasında, patates bitkisinin bitki su ihtiyacı 517,4 ile 666,1 mm arasında mısır bitkisinin bitki su ihtiyacı ise 445,3 ile 579,5 mm arasında değişmektedir. Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü ve Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü tarafından 'Türkiye'de sulanan bitkilerin bitki su tüketimi rehberi' hazırlanmıştır. Bu rehberde Niğde ilinin patates ve mısır için bitki su ihtiyaçları belirtilmemiş olup şeker pancarı için 879,8 mm olarak hesaplanmıştır. Şeker pancarı için oluşan bu fark rehberde farklı yılların ortalama değerinin kullanılmasından kaynaklanmaktadır [18]. Şeker pancarı bitkisinin sulama suyu ihtiyacı 566 ile 760,5 mm arasında, patates bitkisinin sulama suyu ihtiyacı 464,8 ile 642 mm arasında, mısır bitkisinin sulama suyu ihtiyacı ise 397,7 ile 549,7 mm arasında değişmektedir.



Şekil 1. Patates, şeker pancarı ve mısır bitkilerinin bitki su ihtiyaçlarının yıllara göre değişimi



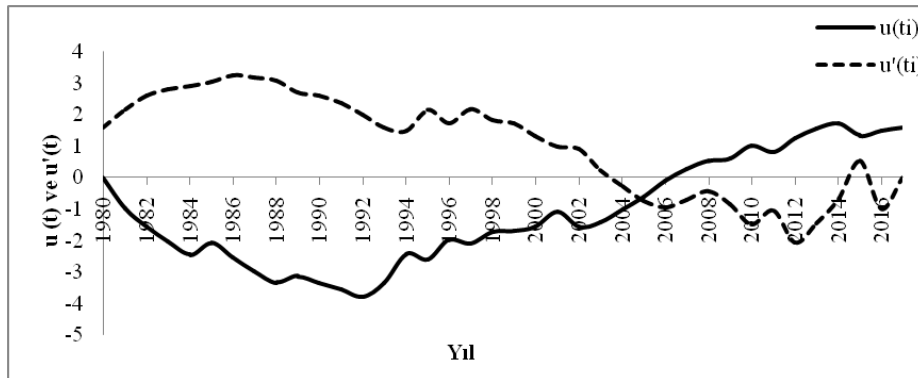
Şekil 2. Patates, şeker pancarı ve mısır bitkilerinin sulama suyu ihtiyaçlarının yıllara göre değişimi

Niğde’de bitki ve sulama suyu ihtiyaçları için trend analizi sonuçları Tablo 1’de verilmiştir. Buna göre şeker pancarı bitkisinin bitki su ihtiyacı için %90 güven seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı bir artma trendi belirlenmiştir. Patates ve şeker pancarı bitkileri için % 90 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı bir trend olmasa da yüksek artma eğilimleri tespit edilmiştir. Tüm bitkilerin sulama suyu ihtiyaçları için % 90 seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı olmasa da artma eğilimleri belirlenmiştir.

Tablo 1. Niğde’de bitki ve sulama suyu ihtiyaçları için trend analizi sonuçları

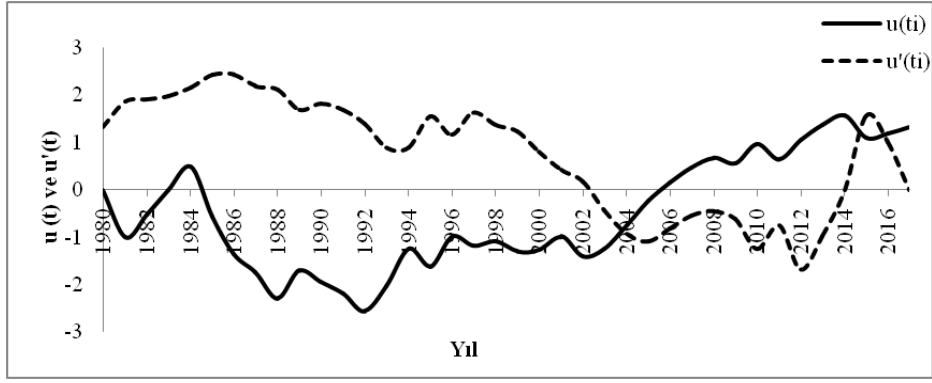
Meteoroloji İstasyonu	Bitki su ihtiyacı	Sulama suyu ihtiyacı
Patates	1,57 [↑]	1,32 [↑]
Şeker pancarı	1,67 [↑]	0,87 [↑]
Mısır	1,52 [↑]	0,97 [↑]
Toplam	1.57 [↑]	1,12 [↑]

Patates bitkisi bitki su ihtiyacı için $u(t)$ ve $u'(t)$ değerleri Şekil 3’te verilmiştir. Buna göre Patates bitkisinin bitki su ihtiyacı için trend başlangıcı 2005 olarak belirlenmiştir.



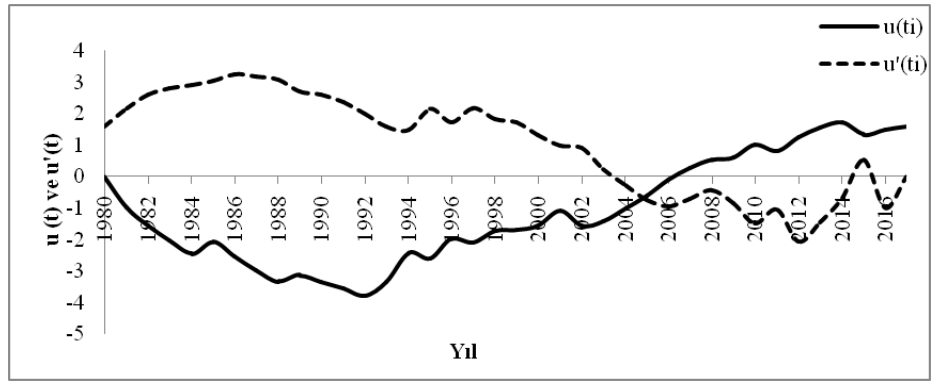
Şekil 3. Patates bitkisi bitki su ihtiyacı için $u(t)$ ve $u'(t)$ değerleri

Patates bitkisi sulama suyu ihtiyacı için $u(t)$ ve $u'(t)$ değerleri Şekil 4’te verilmiştir. Buna göre Patates bitkisi sulama suyu ihtiyacı için trend başlangıcı 2015 olarak belirlenmiştir.



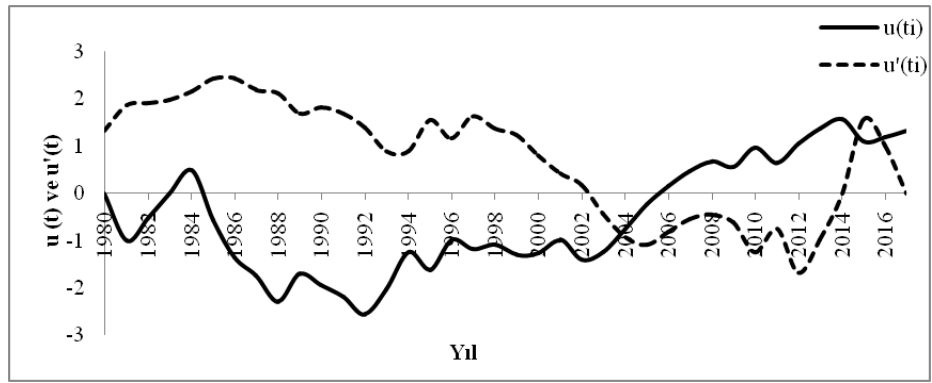
Şekil 4. Patates bitkisi sulama suyu ihtiyacı için $u(t)$ ve $u'(t)$ değerleri

Şeker pancarı bitkisi bitki su ihtiyacı için $u(t)$ ve $u'(t)$ değerleri Şekil 5'te verilmiştir. Buna göre şeker pancarı bitkisi bitki su ihtiyacı için trend başlangıcı 2005 olarak belirlenmiştir.



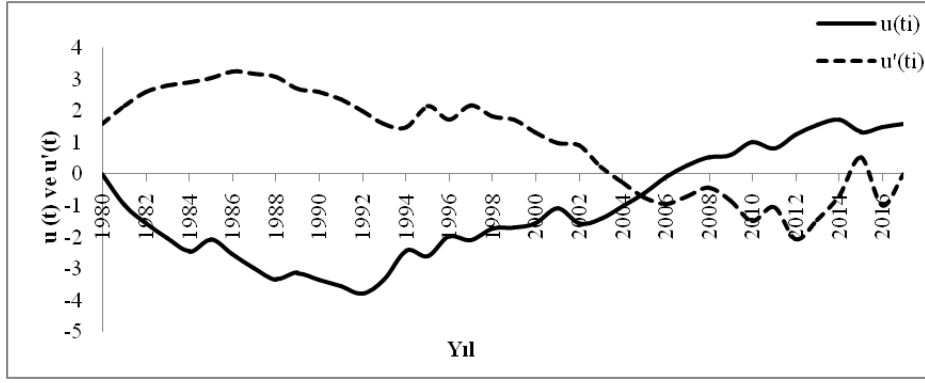
Şekil 5. Şeker pancarı bitkisi bitki su ihtiyacı için $u(t)$ ve $u'(t)$ değerleri

Şeker pancarı bitkisi sulama suyu ihtiyacı için $u(t)$ ve $u'(t)$ değerleri Şekil 6'da verilmiştir. Buna göre şeker pancarı bitkisi sulama suyu ihtiyacı için trend başlangıcı 2015 olarak belirlenmiştir.



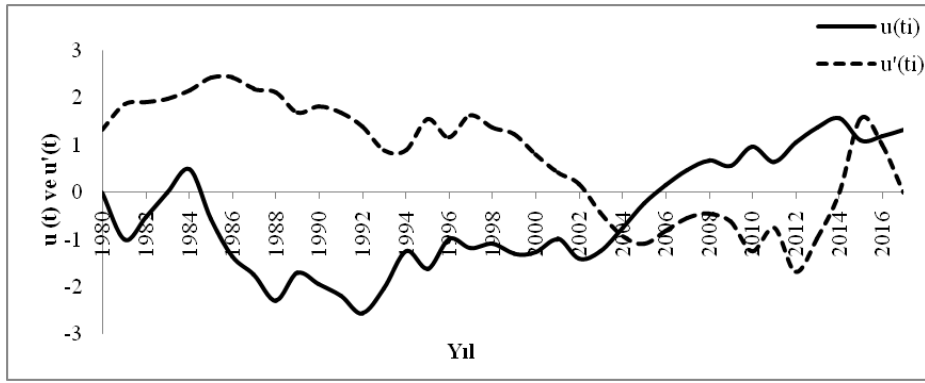
Şekil 6. Şeker pancarı bitkisi sulama suyu ihtiyacı için $u(t)$ ve $u'(t)$ değerleri

Mısır bitkisi bitki su ihtiyacı için $u(t)$ ve $u'(t)$ değerleri Şekil 7'de verilmiştir. Buna göre mısır bitkisinin bitki su ihtiyacı için trend başlangıcı 2005 olarak belirlenmiştir.



Şekil 7. Mısır bitkisi bitki su ihtiyacı için $u(t)$ ve $u'(t)$ değerleri

Mısır bitkisi sulama suyu ihtiyacı için $u(t)$ ve $u'(t)$ değerleri Şekil 8'de verilmiştir. Buna göre mısır bitkisi sulama suyu ihtiyacı için trend başlangıcı 2015 olarak belirlenmiştir.



Şekil 8. Mısır bitkisi sulama suyu ihtiyacı için $u(t)$ ve $u'(t)$ değerleri

4. Sonuçlar

Bu çalışmada, Niğde'de en çok yetiştirilen bitkiler olan patates, şeker pancarı ve mısır bitkilerinin bitki ve sulama suyu ihtiyaçlarının yıllara göre değişimi incelenmiştir. Seyhan Havzası Sektörel Su Tahsis Planı'na göre şeker pancarı ve patates hem mevcut durumda hem de oluşturulan senaryolarda yer almaktadır [19]. Çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar:

- Şeker pancarı bitkisinin bitki su ihtiyacı için %90 güven seviyesinde istatistiksel olarak anlamlı artma trendi belirlenmiştir.
- Patates ve mısır bitkilerinin bitki su ihtiyaçları için de yüksek artma eğilimleri tespit edilmiştir.
- Tüm bitkilerin sulama suyu ihtiyaçları için artma eğilimleri bulunmuştur.
- Tüm bitkilerde bitki su ihtiyacı için trend başlangıcı 2005 yılı iken sulama suyu ihtiyacı için trend başlangıcı 2015 yılı olmuştur.
- Son yıllarda Niğde'de iklim değişimi yaşandığını göstermektedir.

Tüm bu sonuçlar sulama için yeraltısuyunun kullanıldığı Niğde'de yeraltısuyunun giderek daha fazla düşebileceğini ve obruk oluşma riskinin arttığını göstermektedir. Bu nedenle gerekli önlemlerin alınması son derece önemlidir.

Referanslar

[1] Taşova, M , Ergüneş, G . (2018). Determination of Biomass Potential and Energy Values of Walnut (*Juglans regia* L.) Wastes: Case of Tokat Province. *International Scientific and Vocational Studies Journal* , 2 (2) , 67-72.

[2] Islam, M.R., Mizan, M.H., Akter, M., Zakaria, G. (2017). Assesment of Crop and Irrigation Water Requirements for Some Selected Crops in Northwestern Bangladesh. *Global Journal of Science Frontier Research*, 17(3), 15-22.

- [3] Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. (01 Mayıs 2020). 2019 Faaliyet Raporu. Erişim adresi <http://www.dsi.gov.tr/docs/stratejik-plan/dsi-2019-faaliyet-raporu.pdf?sfvrsn=2>.
- [4] Khavse, R., Singh, R., Manikandan, N., Chandrawanshi, S.K., Chaudhary J.L. (2014). Crop water requirement and irrigation water requirement of mustard crop at selected locations of Chhattisgarh State, Indi. *Eco. Env. & Cons.*, 20, S209-S211.
- [5] Gürgülü, H., Ul, M.A. (2017). İzmir’de Yetiştirilen Bazı Bitkiler İçin Bitki Su Tüketimi Değerleri ve Sulama Programları. *Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 54(3), 311-317.
- [6] Saphioğlu, K., Kilit, M., Yavuz, B.K. (2014). Trend Analysis of Streams in The Western Mediterranean Basin of Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 23(1a), 313-324.
- [7] Fathian, F., Dehghan, Z., Eslamian, S. (2014). Analysis of water level changes in Lake Urmia based on data characteristics and non-parametric test. *Int. J. Hydrology Science and Technology*, 4(1), 18-38.
- [8] Han Q., Zhang S., Huang G., Zhang R. (2016). Analysis of Long-Term Water Level Variation in Dongting Lake, China. *Water*, 8(306), 1-21. doi:10.3390/w8070306.
- [9] Zeru1, G., Alamirew, T., Shishaye, H.A, Olmana, M., Tadesse, N., Reading, M.J. (2020). Groundwater level trend analysis using the statistical auto-regressive HARTT method. *Hydrological Research Letters*, 14(1), 17–22.
- [10] Supit, I., van Diepenb, C.A., Boogaardb, H.L., Ludwiga, F., Baruthc, B. (2010). Trend analysis of the water requirements, consumption and deficit of field crops in Europe. *Agricultural and Forest Meteorology*, 150, 77–88.
- [11] Paltineanu, C., Chitu, E., Mateescu, E. (2011). Changes in crop evapotranspiration and irrigation water requirements. *Int. Agrophys.*, 25, 369-373.
- [12] Liu, X., Hana, Z., Haoa, K., Wangb, X., Yanga, Q. (2015). Water Consumption Characteristics of Sugarcane in Dry-Hot Region under Climate Change. *Chemical Engineering Transactions*, 46, 1411-1416.
- [13] Lokhande, J.N., Kale, M.U., Wadatkar, S.B. (2017). Trend of crop water requirement at Akola (Maharashtra), India. *Journal of Applied and Natural Science*, 9(1), 441 – 444.
- [14] Rajendran, M., Gunawardena1, E.R.N., Dayawansa1, N.D.K. (2017) Impacts of Climate Change on Irrigation Water Demand of Paddy: A Case Study from Hakwatuna Oya Irrigation Scheme in Sri Lanka. *Tropical Agricultural Research*, 28(4), 375 – 388.
- [15] Wang, F., Chen, Y., Li, Z., Fang, G., Li, Y., Xia, Z. (2019). Assessment of the Irrigation Water Requirement and Water Supply Risk in the Tarim River Basin, Northwest China. *Sustainability*, 11(4941), 1-16. doi:10.3390/su11184941.
- [16] Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration, *Irrig. Drainage Paper No 56*, Rome.
- [17] Sneyers, R., (1990). On the Statistical Analysis of Series of Observations. World Meteorological Organization, Technical Note 143, Geneva.
- [18] T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü ve T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. (16 Haziran 2020). Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimi Rehberi. Erişim adresi <https://www.tarimorman.gov.tr/TAGEM/Belgeler/yayin/Turkiyede%20Sulanan%20Bitkilerin%20Bitki%20Su%20Tuketimleri.pdf>.
- [19] T.C. Orman ve Su İşleri Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü Havza Yönetimi Dairesi Başkanlığı (16 Haziran 2020). Seyhan Havzası Sektörel Su Tahsis Planı. Erişim adresi <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/Seyhan%20Havzası/Sektörel%20Su%20Tahsis%20Planı.pdf>.

The Importance of Creativity in Space Design

Arzu Erçetin ^{a,1}

^a İstanbul Kültür University, , Faculty of Architecture, Department of Interior Architecture and Environmental Design, Ataköy Campus, 34156, İstanbul, ORCID ID: 0000-0002-8381-0011

Abstract

When the act of design is evaluated in terms of cause and effect, it may be the reason for the emergence of architecture, interior architecture disciplines, or in other words, presence-existence. In fact, this action affects every point, to the visual effect that the smallest screw has on the point that it is placed rather than just the appearance of the structures, which we can consider as a shell. This process, which can fit into a very short sentence while talking about the definition, dominates and impacts the entire life cycle of individuals. The aim of this study is to present the importance of the concept of creativity in the design word, which includes concepts such as communication and art, on the basis of an applied interior architecture project, and to discuss what the concept of creativity gained by brings in by developing new ideas within the processes and the stages followed. While putting this action into practice avocationally, the formation phases and the results obtained have been evaluated with the help of both professional competence and professional drawing programs such as sketches and cad based programs.

Keywords: “Interior design, creativity, design, space organization, drawing techniques”

1. Giriş

Mimarinin en önemli öğelerinden biri olan biçimin ana yapısını mekan oluşturmaktadır. Nikolaus Pevsner, mimarlık tarihçisi sıfatıyla mekan yaratma eyleminin sonucu olarak mimarlığı açıklamaktadır. Mimari mekan, insan psikolojisine, fizyolojisine ve toplumsal ihtiyaçlarına karşılık veren uzayın bir parçası olarak adlandırılmaktadır (Norberg – Schulz, 1971). Bir yeri tasarlarken söz konusu olan her zaman yaratıcılık ve yeni fikirlerdir. Laseau, tasarım yaratırken yeni fikirlerle eski fikirlerin arasında bağlantı kurulmasının ve bu tasarımlara yeni bir bakış açısı getirilmesinin gerekliliğini vurgulamaktadır. Kişinin düşünme sürecinde, fikirler kurgulanmakta, fikirlere odaklanılmakta ve bu fikirler yeniden düzenlenmektedir (Laseau, 2001).

E. P. Torrance göre yaratıcılık boşlukların, rahatsız ediciliği ya da eksik öğeleri sezip, bunların hakkında düşünüyü ya da varsayımlar kurmak, bunları sınamak, sonuçları karşılaştırma ve olasılıkla bu varsayımları değiştirip yeniden sınamaktır.

Yaratıcılık temelde eleştirel bir gözle bakabilmek, belirlenen ihtiyaçları karşılayabilmek amacı ile yeni önlemler almak ve yeni yaklaşımlar sunabilmektir. Tasarım ile temelde birbirini tamamlayan yaratıcılığın ana ilkesi kendimizi, çevremizi hatta dünyayı değiştirme eylemliliğidir. Yaratıcılığın bireyde gelişim süreci kişinin geçmişinde yaşadığı deneyimlerinden, kişisel gelişiminden, bilgi birikiminden, etrafında gerçekleşen olayları dikkatle inceleyip değerlendirmesinden, bilinç altında kurguladığı ve hayal ettiği birikimlerinden kazandığı deneyimler sonucu ortaya çıkmaktadır. Tasarlama işi de tam bu noktada devreye girmektedir. Çünkü bireyin edindiği tüm bu deneyimler kullanıcının ihtiyaçlarını doğru değerlendirmek ve bu ihtiyaçlara doğru çözümler bulabilmek için yaratıcı düşünmeye ihtiyaç duyulmaktadır. Canlılar içerisinde sadece insana özgü bir özellik olan yaratıcılık kavramı çoklukta birlik, bütünlük ilkesine dayalıdır. Hangi bilim dalı açısından bakılırsa bakılınsan ortaya konulan ürün, tasarımcı, bilim insanı, üreten kişi v.b. ürünü ortaya koyan açıdan ben varım ve varlığımı bu ürünle belirtmekteyim olgusunu göstermektedir.

Albert Bandura (1977), kişinin bazı durumlarla baş etmesi için ihtiyaç duyduğu eylemleri iyi yapabilme ölçütleriyle ilişkili inançlarını öz-yeterlilik inancı olarak adlandırmıştır. Öz-yeterlilik inancının kişinin doğru veya yanlış icraatler yapmasına etki ettiğini, bununla birlikte kişinin olası bir problemle karşı karşıya geldiğinde problemle başa çıkmak için ne kadar çaba göstereceği ve problemi çözmek için ne kadar ısrar edeceğinin tanısı olduğunu da belirtmektedir (Topses, 2003). Zimmerman (1995) buna benzeyen bir tanımlama yaparak, öz yeterliliğin kişinin bir işi başarabilme, yapabilme kabiliyeti konusundaki yargılarını kapsadığını vurgulamaktadır. Öz yeterlilik, sosyal psikoloji dalında geliştirilmiş bir kavram olup, bir çok alanla

¹ Sorumlu Yazar. Tel.: +0-212-498-4141

E-posta adresi: a.eceoglu@iku.edu.tr

bağdaştırıldığı, değişik disiplinler ile beraber kullanıldığı gözlemlenmektedir (Kear, 2000; O’Leary,1985 ; Lev, 1997; Schunk, 1985). Örnek olarak, öz yeterlilik çalışma dallarından birisi bilgisayardır (Karsten ve Roth, 1998; Compeau ve Higgins, 1995).

Tasarımın temelini oluşturan eylemler le hemen hemen birebir şekilde örtüşen bu ilkeler temel ihtiyaçlara karşılık olabilmesi açısından tasarımcıyı doğru sonuca ulaştırır ve kullanıcıyı doyum noktasına vardiyan göstergelerdir. Tasarımcı için yaratıcı düşünce özellikle sanatsal yaklaşımları takiben mimari ve içmimari gibi meslek branşlarında büyük önem taşımaktadır. İnsanların teknolojinin gelişmesi ile birlikte kolaylıkla dünyanın herhangi bir noktasında gerçekleşen herhangi bir olay, bir yenilikten haberdar olabilmesi ile tasarımcıyı öne çıkarmakta ve diğer tasarımcılardan kolaylıkla ayırmaktadır.

Yaratıcılık kavramı bilimsel açıdan incelendiği zaman kişilik kavramı ile örtüştüğü görülmektedir. Kişilik kavramı; yaratıcı davranışta güdülenme ve yaratıcı sıfatı taşıyan bireyin yaşam biçimi ve hayata bakış açısına ait özellikleri olmak üzere iki açıdan sınıflandırılmaktadır. Birincisi, yaratıcı davranışın, kişinin çevresi ile olan ilişkilerinde kişinin tüm yetenek gücünün gerçekleşmesini sağlayan bir oluşum görüşü; ikincisi ise, bastırılmış ya da kişinin kabullenemeyeceği tepkilerin etkisinde yer alan yan ürün oluşumu, görüşüdür (Yavuz, 1996). Bunun yanı sıra aktüel yaratıcılık ve potansiyel yaratıcılık ayırımına giden Lowenfeld’ e göre yaratıcılık bireylerin değişken miktarda sahip oldukları ve durumlara bağlı olarak az çok ortaya çıkmaya elverişli bir özelliktir. Bir başka deyişle, kendini göstermek için uygun koşullarla karşılaşması gereken kişide bulunan bir potansiyel söz konusudur (Rouquette, 1994). Birçok kişilik testinin alt yapısında bireyde bu özelliği ortaya çıkarma özelliği bulunmaktadır. Çünkü tasarım gücü tasarlayıcı diğerlerinin farklı kılan ve ön plana çıkarıcı bir özelliktir. Ayrıca her yeni üründe ortaya çıkan yeni bir fikir tasarımcıyı vazgeçilmez kılan en önemli özelliktir.

Bu makalede kullanıcısının beklentileri ve temel ihtiyaçları bağlamında Zeytinburnu-Ottomare suits te yer alan 1/1 dairenin yaratıcı düşünce göstergeleri ile farklı tasarımlar ortaya koyarak sonuca ulaşmaya kadar yeni fikir – öz yeterlilik süreci eskizden, cad altyapılı çizimlere kadar geliştirilen izlenilen yol (tasarım süreci) ve sonuç ürün (mekan) çizimler yardımı ile anlatılmaktadır.

2. Tasarım Safhasında Modelleme Programları

Eskiz sadece mimari tasarım sonuçlarını müşterilere, kullanıcılara, yasa koyuculara ve kuruculara iletmek için değil, aynı zamanda tasarım sürecinde merkezi bir araç olarak da kullanılmaktadır (Lawson, 2002). Eskiz, erken tasarım aşamasında yaratıcı fikirlerin başlatılmasında ve geliştirilmesinde çok önemli bir rol oynar. Tasarımcılar, diyagramlar arasındaki mekansal ilişkileri keşfetmek için gerekli görsel muhakemeyi desteklemek ve vurgulamak için eskiz çalışmalarına güvenmektedirler. Tasarım problem alanı, tasarımcıların eskizlerle etkileşime girdiğinde, kötü tanımlanmış bir problemden yaratıcı fikirlerin tanımlanmasına ve çözümlenmesine dönüşür (Shih, Sher ve Taylor, 2015).

Teknoloji, bilimsel çalışmalar ile ilişkilendirilerek bir ürünü yeniden geliştirmek ve hizmet desteği sağlamak amacıyla ihtiyaç duyulan yöntemlerin, bilgilerin ve becerilerin tümü olarak adlandırılabilir. Teknolojide sürekli olan dönüşümler ile gelişmeler, çağdaş dünyadaki hayatı “değişim” kavramıyla birlikte tekrardan biçimlendirmektedir. Teknolojik gelişmeler mekan oluşumlarının, işlevsel, biçimsel ve boyutsal olarak yeniden düzenlenme gereksinimini ortaya çıkarmaktadır (Özturan, 2008).

Tasarım sürecinde bilgisayar destekli çizim programları; teknik çizimden (iki boyutlu çizimler), 3d adı verilen üç boyutlu modellemelere, simülasyon adı verilen animasyon yapımına ve yapının sanal boyutta yangın, deprem, hava şartları, ısı dayanımı, havalandırma ve aydınlatma konularına kadar tüm mühendislik ve içmimari ölçekleri kasayacak şekilde simule edilmesini sağlamaktadır. Bunun yanı sıra bilgisayar destekli çizim programları matematiksel hesaplamalı gerçekleştirmek için ve tamamı ile yapının veya ürünün detay boyutunda geliştirilebilmesi amacı ile de kullanılmaktadır ve bu bu programlar bu kolaylıkları sağlamaktadır. Sunum tekniğinin geliştirilmesi de bilgisayar destekli programlar sayesinde kolaylıkla gerçekleşmektedir. Tasarım programları çizim programlarında bulunan temel çizim nesnelerini barındırmalarına rağmen, bu nesnelerin teknik resim çizme disiplini içinde kullanılmasını sağlarlar((Eceoglu, A.2012).

Günümüzde bilgisayar destekli programlar içerisinde en yaygın kullanılanları olarak autocad ve 3dmax programlarını söylemek mümkündür. Bugün mesleki açıdan iş ilanların da dahi bu iki programa hakim bireylerin daha kolay başarıya ulaştıkları gözlemlenmektedir. İki boyutlu çizimde teknik ve ölçek açısından tamamı ile kullanıcısının bilgisi ile şekillenen autocad programına karşılık, üç boyutlu çizimde bir çok tasarımcının modellediği objelerden, yapı modellerine kadar çeşitlilik gösteren hazır modellerle 3dmax programı değerlendirilebilmektedir. Ayrıca 3dmax kadar yaygın kullanılmaya başlanılan sketchup ve archicad gibi çizim programları da alt yapılarında gerçekleştirdikleri yenilikler sayesinde günümüz üç boyutlu çizim piyasasında adından sıkça söz ettirmektedir. Üç boyutlu çizim programları ile render motorlarını kullanarak mekanın uygulama safhasında nasıl görüneceği bilgisine ulaşmak ile birlikte, tasarlanan ürünün kesitini almakta çok kolay bir hal almış durumdadır. Malzeme seçimlerinden, formal deneyimlemelere, dokusal özelliklerden, hareketli simülasyonlara kadar birçok özellik tanımlanabilen ve kullanıcıya rahatlıkla bilgi aktarılabilen bu programlar sayesinde günümüzde tasarım boyutu hayata geçirilmesi konusunda hız kazanmıştır.

3. Tasarım Safhasında Yaratıcılığın Önemi

Yaratıcılık kavramının ilk adımı olarak esneklik kavramından bahsetmek daha doğru olacaktır. Çünkü tasarımda esnek olmak geniş bir bakış açısı ve değişime ayak uydurmayı ve tasarımcının öz – yeterliliğininde ortaya koyacaktır.

Esneklik kavramını, Hasol (1995), bir cismin üzerinde bulunan yükün kalkması ile birlikte önceki durumuna dönme işlevi, Dural (1992), Değişen şartlarda farklı ihtiyaçlara uyumlu olabilme, Tapan (1998) , Yapı sistemini değiştirmeden aynı tasarı ünitesinin değişik kullanıcı ihtiyaçlarına karşılık verme kabiliyeti ile aynı hacimlerden birden çok işlev için yararlanma imkanı, Dluhosch (1975), Temel sistem üzerinde işlem yapmadan, koşulları farklılaştırmayı sağlama kabiliyeti olarak açıklamaktadır (Bozdayı, 1992).

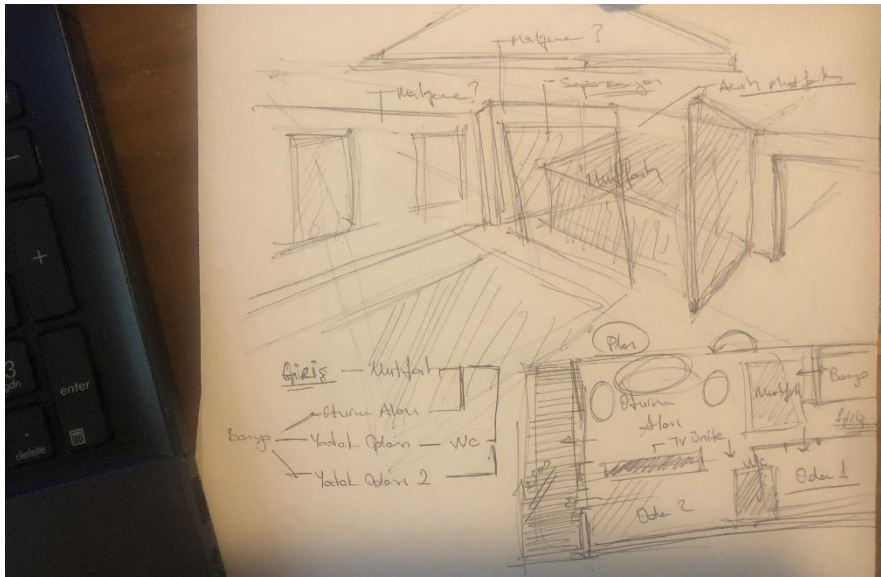
Yaratıcı fikir üretme, bilgidaki boşlukları ve sorunları görme, hipotezler ile fikirler geliştirme; orjinal fikir üretimi; fikirlerin arasında olan bağlantıyı görme; düşünce parametrelerini değiştirerek yeni bileşimler üretmek; neticede bir öngörü ve tasarım yaklaşımıdır.

Bu noktada içmimar ve içmimari mesleği açısından ilk olarak önem taşıyan konu kullanıcının kimliğini doğru tanımlamak ve beklentisini doğru algılamaktır. Çünkü bireyin sizden beklentisini doğru değerlendirdiğiniz anda beğenisini kazanmak ve sonuca ulaşmak daha kolay olacaktır. Bu nedenle öncelikle kişinin mekanı kullanım amacı, hoşlandığı renkler, bu mekandan beklentileri gibi soruların cevabını aramak önemlidir. Kullanıcının isteklerini tanımladıktan sonra ilk önce bir taslak (öneri 1) oluşturup onun beğenisine sunmak ve buradan sonra yaratıcı düşünce yardımı ile mekanı kimliğine ulaştırmak için yeni tasarımlar yapmak gerekmektedir.

Bu noktada yaratıcılığın koşulları çalışmak, deneyim, gözlem, araştırma ve algı olarak beş başlık olarak karşımıza çıkmaktadır. Herbiri diğerinin alt yapısını oluşturan bu kavramlar tasarım gücünün gelişmesi ve tasarımcının ön plana çıkması için önem teşkil etmektedir. Tasarım emek isteyen bir kavramdır ancak kendisinde önce keşfedilenden enaz yüzde yetmiş oranında farklılık göstermediği sürece yeni değildir ve kullanıcı için önem teşkil etmemektedir. Her birey hem en iyisini hem de kendisine özel olanı hak etmektedir. Tasarımcıyı vazgeçilmez kılanda bu özelliştir.

4. Eskizden Uygulamaya Mekan

Tasarımın gelişim safhaları bir yana kullanıcı ve tasarlayan arasında oluşan bağ mekânın kullanılabilirliği açısından büyük önem taşımaktadır. Her iki tarafın birbirini doğru anlaması ve isteklerini eksiksiz dile getirmesi sonuca ulaşmanın en önemli adımı olarak ortaya çıkmaktadır. Ayrıca tasarımcının mekanı hissetmesi de üzerinde çalışacağı eserin mükemmelliyet payını arttıracaktır. Çünkü her mekânın bir ruhu ve kullanıcıya katacağı bir kimliği vardır. Bu aşamada ilk olarak mekanı hissederken bir ihtiyaç programı çıkarmak ve mekansal organizasyonu iyi tanımlamak gerekmektedir.



Eskiz 1: Mekanı hissetmek ve tanımlamak amacı ile yerinde gerçekleştirilen ilk eskiz çalışması

İhtiyaçlar bağlamında doğru değerlendirilen mekân, kazandığı kimlik ile içerisinde yaşanmışlıklar biriktirmeye başlar. Cad aşamasında çizimlere başlamadan önce eskiz çizimleri bu birikimlerin ilk adımıdır. Çünkü eskiz çizimler tasarım bilgisi ile

tasarım fikri üretme eylemlerinin yapılmasında bir aktarım aracından daha fazlasıdır. Tasarlama sürecinde, tasarımcının bilgi üretme, aktarma ve düşünme eylemlerini aklında kurguladığından ilerisine götürür (Yakın, 2012). Tasarlama eylemi ile birlikte eskiz çizimler geliştikçe mekansal kurgu oluşmaya başlar ve artık sonuca ulaşmak amaçlı 3d tabanlı programlar yardımı ile iç mekan örnekleri ortaya çıkar. Önerilerde görülmekte olan ve cad tabanlı program sayesinde çizilmiş öneriler müşterinin istekleri doğrultusunda tasarlanmıştır.



Öneri 1: Salon Tasarım 1. Çalışma



Öneri 2: Salon Tasarım 2. Çalışma

Öner 1 de sunulan ve 3 boyutlu bilgisayar programı ile çizilen ilk tasarım (bu görselde görülen render ve diğer öneri görsellerde yer alan 3 boyutlu çizimler 3dmax programı kullanılarak çizilmiş ve sadece tüm mekanları tasarlanan dairenin salon bölümünün köşesinden alınan görsellerdir) kullanıcının zihninde yaşamak istediği mekanı tanımlamak amaçlı gerçekleştirilen ilk çizimlerdir. Gerçekleştirilen eskizler bilgisayar destekli programlara hızlıca sonuca ulaşmak amacı ile taşınmıştır. Bu andan sonra yapılan tüm tasarımlar sonuca varmak amaçlı tasarlanmıştır. Çalışmanın ilk aşamasında amaç mekansal açıdan organizasyonu tamamlayabilmektir. Burada malzeme seçimleri, form arayışları tasarımın ikinci aşamasını oluşturmaktadır. Ayrıca unutulmaması gereken en önemli nokta bu çalışmaların bilgisayar programında eskiz amaçlı gerçekleştirilmediğidir. Kullanıcının gözünde üçüncü boyutta mekanın nasıl değerlendirileceğinin daha iyi algılanabilmesi amacı ile gerçekleştirilmiştir.



Öneri 3: Salon Tasarım 3. Çalışma



Öneri 4: Salon Tasarım Revize

İlk 3 öneri neticesinde kullanıcı ile görüşme esnasında oluşturulan eskizler neticesinde ortaya çıkan sonuç öneri 4 te cad tabanlı programda çizilerek kullanıcı ya sunulmuş ve uygulama safhasının ilk aşaması olan iki boyutlu plan, kesit, detay çizimlerine geçilmiştir. Kullanıcı ile görüşme esnasında yapılan yorumların eskiz olarak kaleme alınması sonuca ulaşmak noktasında büyük önem taşımıştır. Fotoğraf karesi şeklinde cad tabanlı çizim programlarında, tasarımcıların komutları ile oluşturulan mekanlar çizim safhasında, eskiz çizime oranla daha fazla zaman gerektirmektedir. Özellikle render programlarının kalitesinin artırılması ile bu süre daha uzun olabilmektedir. Ayrıca yapılan eskiz çizim sayesinde kullanıcı isteklerini tanımlarken sonucu değerlendirme fırsatı bulmuştur ve bu sayede malzeme seçimi, renk ve benzeri hususlar konusunda ki paylaşımlar da daha hızlı şekilde sonuçlanmıştır (Eskiz 2 – 3).



Eskiz 2: Serbest El Çizim



Eskiz 3: Serbest El Çizim

General George S. Patton'ın sözü bu mekânın tasarımını aslında çok net açıklayan bir tanım olarak karşımıza çıkmaktadır; Bir icraatın insanlara nasıl yapılması gerektiğini söylemeyin. Yapılmasını istediğinizi onlara söyleyin ve yaratıcılıkları ile sizi nasıl etkileyebileceklerini izleyin. Önerilerde görüldüğü gibi yapılan tasarımlarda tasarımcının çizdiği şeyin doğruluğunu, tasarımın ortaya konulmasını ve kullanıcı bakımından uygulanmasının istenilmesini kararlaştırdığından daha net anlamaktayız.



Resim 1: Dairenin uygulaması tamamlanmadan önceki panoramik fotoğrafı

Tasarım aşaması sonrasında konutta ek bir oda oluşturularak burada misafirlerin konaklaması için açılır-kapanır sistem bir yatma elemanı ile alan belirlenmiştir. Ebeveyn odasına ek olarak ev sahibinin kullanması için ıslak hacim konumlandırılmıştır. Ebeveyn odası ve oturma alanını birbirinden ayıran bir dolap sistemi oluşturulmuş ve bu sistem döner bir mekanizma ile her iki kullanım alanında faydalanılması amaçlı bir tv ünitesi haline getirilmiştir. Ön tarafı dekoratif ve elektronik aletlerin depolanması amacı ile kullanılan bu dolap sistemi ebeveyn odası tarafında ise kıyafet depolama amacı ile kullanılmaktadır.

Görülen odur ki tasarımcının sahip olduğu yaratıcı düşünce sayesinde ortaya çıkan ürün her iki tarafın da memnuniyeti ile sonuçlanmış ve tasarımcı sahip olduğu bu yeti sayesinde diğer tasarımcıların önüne geçerek meslek hayatında bir adım daha ilerleme hazzını yakalayabilmiştir.

5. Sonuç

Tasarımcı, yaratıcı düşünce, kullanıcı üçgeni bağlamında elde edilen prosesler, çağrışımsal unsurları, belirli gerekleri yerine getirerek, bir fayda sağlayacak şekilde yeni bileşenler ile toplanmaktadır. Orataya çıkan durumda birleştirilen fikirler kullanıcı ve tasarımcı arasında ne kadar uzaksa çözüm yada oluşan prosesler bir okadar yaratıcı olmaktadır. Bu tanımlamada yaratıcı düşünce 3 prosesin desteği ile başarılabilir.

- Belirli bir şeyi ararken rastlantısal olarak tasarımı olgusunu destekleyen çağrışımlara ulaşmak;
- Bu olguyu destekleyen benzer çağrışımlara ulaşmak;
- Birbiri ile çok uzak ilişkileri ya da çağrışım bağları olan olayları benzer ortak özellik veya unsurlarını bularak birbirine bağlamak.

Bu ilkelerin çağrışımsal yaratıcı bir düşünce oluşturması için, kişinin çağrışımsal hiyerarşisi içinde bulunması gerekmektedir. Yani tasarım eğitimi almış kişinin kullanıcıyla olan iletişiminde doğru sonuca ulaşabilmesi için eğitimini doğru tamamlamış ve yaşamışlıkları ile doğru sentezlemiş olmasının yanı sıra yaratıcı düşüncesinin de mevcut bulunması gerekmektedir. Yaratıcı düşünce sayesinde tasarımcı aynı mekana farklı öneriler getirebilmekte ve bu önerileri geliştirerek beğenilere sunabilmektedir.

Hazırlık safhasın da tasarımcının aldığı eğitim de ön plana çıkmakta ve önem teşkil etmektedir. Çünkü alt yapısı oluşturulan bir tasarım sürecinde, tasarımcının kendini gösterebileceği yaratıcı düşünceleri ortaya koyabilmesi için konu hakkında doğru bilgi sahibi olması ve düşüncelerini doğru yönlendirmesi önemlidir. Var olanı kullanmak istemeyen, kullandıklarını hızla tüketen ve bunlardan sıkılan kullanıcı yaratıcı düşünce kavramının temel iki kelimesi olarak kabul edebileceğimiz yeni – yenilik kavramlarına hayatın da yer vermek istediği için alanında profesyonel birinden yardım istemektedir. Ona sunulan doğru cevaplar, doğru çözümler sayesinde ihtiyaçları karşılanmaktadır.

Referanslar

- [1] Bozdayı, M., 1992, “Geleneksel Anadolu Konutundaki Oda Kavramının Çağdaş Konut Tasarımında Modül Kavramı Olarak Değerlendirilmesi” Ankara, Hacettepe Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, Sanatta Yeterlik/Doktora Tezi
- [2] Compeau, D.R. and Higgins, C.A. (1995), “Computer self-efficacy: development of a measure and initial test”, MIS Quarterly, June, pp. 189-211.
- [3] Eceoğlu (Erçetin), A., 2012, “Teknolojik Gelişmelerin Mimarlık Mesleğine Yansımaları Ve Simülasyon Programları'nın Mekan Tasarımına Etkisi”, İstanbul Kültür Üniversitesi, Sanat ve Tasarım Fakültesi, Sayfa No: 89-92.
- [4] Kear, M. (2000), Concept Analysis of Self-efficacy. Graduate Research in Nursing, available at: <http://graduateresearch.com/Kear.htm>
- [5] Karsten, R. and Roth, M.R. (1998), “The relationship of computer experience and computer self-efficacy to performance in introductory computer literacy courses”, Journal of Research on Technology Education, Vol. 31, pp. 14-24.
- [6] Laseau, P. (2001). Graphic Thinking for Architects and Designers. New York: John Wiley & Sons Inc.
- [7] Lawson, B. R. (2002). CAD and Creativity: Does the Computer Really Help? Leonardo, 35(3), 327-331
- [8] Lev, E.L. (1997), “Bandura’s theory of self-efficacy: applications to oncology”, Scholarly Inquiry for Nursing Practice, Vol. 11, pp. 21-42.
- [9] Norberg-Schulz, C. (1971). Existence, Space and Architecture. Londra: Studio Vista.
- [10] Rouquette, M. L., (1994), Yaratıcılık, İkinci Basım, Çeviren: Işın Gürbüz, İletişim Yayınları, İstanbul
- [11] Schunk, D.H. (1985), “Self-efficacy and classroom learning”, Psychology in the Schools, Vol. 22, pp. 208-23.
- [12] Shih, T. Y., Sher, W. D. and Taylor, M. (2015) UNDERSTANDING CREATIVE DESIGN PROCESSES BY INTEGRATING SKETCHING AND CAD MODELLING DESIGN ENVIRONMENTS A Preliminary Protocol Result from Architectural Designers, Archnet-IJAR, Volume 9 - Issue 3 - November 2015 - (76-92) – Special Issue
- [13] Topses, G. (2003) Gelişim ve Öğrenme Psikolojisi, Nobel Yayın Dağıtım, s 225- 227
- [14] Yakın, B. (2012), TASARIM SÜRECİNDE GÖRSEL DÜŞÜNME VE GÖRSEL ANLATIM İLİŞKİSİNE ANALİTİK BİR YAKLAŞIM, Yüksek Lisans Tezi
- [15] Yakın, B. (2015) Tasarım Sürecinde Eskiz ile Biçim-İçerik Sorgulama ve Çözömlenmeleri: Bir Durum Analizi, Sanat Tasarım Dergisi 2015 HAZİRAN - Sayfa 121-137
- [16] Yavuz, H. S., (1996), Yaratıcılık, Üçüncü Basım, Boğaziçi Üniversitesi Yayınları, İstanbul