

Geleneksel ve Kesimli Dip Trol Ağları ile Donam Dirençlerinin Teorik Olarak Hesaplanması

F. Ozan Düzbastılar, Zafer Tosunoğlu, M. Hakan Kaykaç

Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü, 35100, İzmir, Türkiye

Abstract: *Resistance calculation of the conventional and tailored demersal trawl nets with their gears theoretically.* In this study, the values of resistance of conventional and tailored demersal trawl nets calculated theoretically and they were compared with various trawling speed and operation depth. Conventional trawl net has 537 kg, tailored trawl net has 469 kg net resistance at 2.5 knots trawling speed. In addition, the relations were examined among the Egesüf RV with 500 HP, trawl nets resistance, trawl winch and the other parts of trawl gear. Resistance of trawl nets were computed depending on trawling speed, water depth and warp length. Relations between trawl gear size and main engine power were studied and suggestions were done.

Key Words: Conventional trawl net, tailored trawl net, net resistance, main engine power, trawl gears

Özet: Bu çalışmada geleneksel ve kesimli dip trol ağlarının direnç değerleri teorik olarak hesaplanmış ve farklı trol çekim hızı ve derinlikler için karşılaştırılmıştır. Geleneksel trol ağı 2.5 mil/sa çekim hızı için 537 kg, kesimli trol ağı ise 469 kg direnç değerine sahiptir. Ayrıca 500 BG'ndeki Egesüf Araştırma Gemisi ile trol ağlarının dirençleri, trol vinci ve trol donamının diğer bölümleri arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Trol ağlarının dirençleri çekim hızı, su derinliği ve tel halat uzunluğuna bağlı olarak hesaplanmıştır. Trol donamı boyutu ve tekne gücü arasındaki ilişkiler incelenmiş ve öneriler sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Geleneksel trol ağı, kesimli trol ağı, ağ direnci, motor gücü, trol donamları

Giriş

Balıkçılık uygulamalarında, özellikle ekonomik değeri yüksek deniz canlılarının yakalanması amacıyla ülkemizde trol avcılığı yapılmaktadır. Trol teknesi tarafından çekilen ve belli bir çekim hızında sürüklenen trol ağı, trol kapıları, halatlar ve yardımcı aksamından oluşan donama trol donamı adı verilmektedir. Çalışmada yukarıda ifade edilen trol donamı, ağ ve diğer bölümleri belirtmektedir. Trol avcılığı dip ve orta sudaki canlıların trol kapıları yardımıyla ağa doğru yönlendirilmesi ve yine kapılar yardımıyla ağın ağzının açılması ve önündeki su kütlesini süzmesi ve taraması prensibine dayanır (Sainsbury, 1996).

Trol teknesi tarafından çekilen donam, suyun direnci ile karşılaşmaktadır. Bu direnç çekim hızına bağlı suyun hidrodinamik direnci olarak ifade edilebilir. Çekim sırasında trol ağı, trol kapıları ve halatlar çekim yönünün tersine doğru bir direnç ile durdurulmaya çalışılır. Çekim kuvveti direnç kuvvetinden büyük olduğu zaman trol donamını çekmek mümkün olacaktır. Ayrıca trol donamında yer alan kapılar ve ağın kurşun yakası zemine değerek zemin ile değen kısımlar arasında da bir sürtünme direnci oluşur (Fridman, 1973; Fridman ve diğ., 1973). Ancak çalışmadaki hesaplamalarda sadece suyun trol donamı üzerindeki direnç kuvvetine yer verilmiştir. Fridman (1973), trol

donamının direncini tanımlarken çekim yönünün ters tarafında trol ağının direnci, trol kapılarının çekim yönüne ters direnci ve çekim yönüne dik ayırma kuvveti bileşenlerini belirtmiştir.

Ülkemizde yoğun olarak kullanılan dip trollerin özelliklerini iyileştirmek amacıyla çeşitli çalışmalar yürütülmüştür. Trol ağlarının verimliliği, av verimleri, çeşitli faktörlere bağlı seçicilik karşılaştırmaları, geometri ve performans ölçümleri yapılmıştır (Lök ve diğ., 1997; Tokaç ve diğ., 1998; Tosunoğlu ve diğ., 2002). Özellikle geleneksel ve kesimli dip trol ağlarının yukarıda belirtilen özelliklerinin ortaya konması ve karşılaştırılması için araştırmalar yürütülmektedir. Bunun yanında bu ağların trol teknesi ve trol vinci ile olan ilişkileri ve farklı çekim hızlarında gösterdikleri direnç kuvvetleri, ağ tasarımı ve tekne motor gücü seçimi için gereklidir. Trol donamlarının direnç hesaplamaları deneysel ve teorik çalışmalarla belirlenmiştir. Akıntı tankında yapılan model denemeleri, prototip trollerde yapılan direnç ölçümleri ve teorik hesaplamalarla trol donamlarının direnç parametrelerine ilişkin tahminler yapmak mümkün olmuştur (Fridman, 1973; Fridman ve diğ., 1973; Tokaç, 1989; Özekinci ve Ayaz, 2000).

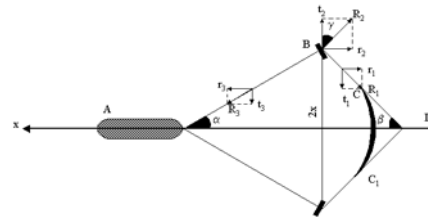
Bu çalışmada geleneksel ve kesimli ağlara sahip trol donamlarının maruz kaldıkları dirençler hesaplanmış ve kesimli dip trolleriindeki direncin daha az olduğu bulunmuştur. Trol donamının ağ direnci hesaplanırken, ağ ipi çapı, ağ göz uzunluğu ve mantar yaka uzunlukları için daha önceki çalışmalarda kullanılan ağlar ve planları baz alınmıştır. Kapı direnci için Egesüf Araştırma Gemisi, 'nde kullanılan trol kapılarının yüzey alanı, kapı tipi, açısı ve çekim hızına bağlı direnç katsayısı ve uygulamaların yapıldığı deniz suyu yoğunluğu hesaplamalarda kullanılmıştır. Halatlarda ise halat boyu, çapı, direnç katsayıları ve

deniz suyunun yoğunluğu gerekli parametreleri oluşturmuştur. Trol çekim hızı farklı değerlerde hesaplanarak toplam direncin teorik olarak elde edilmesi mümkün olmuştur.

Trol donamlarının dirençlerinin tahmin edilmesi uygun motor gücü ve vinç kapasitesini seçmek veya trol teknesine uygun ağ tasarımı yapmak için gereklidir. Bu nedenle iki trol ağının direnç karşılaştırmalarının yanında tekne gücü-trol boyutu arasındaki ilişki incelenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Çalışmada Egesüf Araştırma Gemisi ile çekilen geleneksel ve kesimli dip trol ağları ve yardımcı donanımı kullanılmıştır. Araştırma gemisi (Boy; 27 m, maksimum devamlı shaft gücü-motor gücü; 500 BG.), trol-gırgır vinci (2 adet konik fenerlikli), geleneksel düz-ahşap trol kapıları (0.8x1.7 m²; 75 kg), tel halatlar (500 m, Ø 10 mm), palamar halatları (100 m, Ø 35 mm) ve yardımcı donanımlar çalışmanın materyalini oluşturmaktadır. Trol ağları önceki çalışmalarda kullanılmış ve planları çıkarılmıştır (Tosunoğlu ve diğ., 1996). Teorik direnç hesaplamalarında trol ağı, trol kapıları ve halatlar esas alınmış, trol kapıları ve kurşun yaka ile zemin arasında oluşan sürtünme direnci ve ağın diğer aksesuarları (yüzdürücü, kurşun vb.) nedeniyle oluşan dirençler ihmal edilmiştir (Şekil 1).



Şekil 1. Trol donamı üzerinde oluşan direnç kuvvetleri

A; trol teknesi, B; trol kapıları, AB; tel halat, BC; palamar halatı, CD; donatım halatı, CC₁; trol ağının ana yakası (mantar-kurşun), R₁; palamar halatı direnci, r₁ ve t₁; yatay ve düşey kuvvet bileşenleri, R₂; trol kapısı ayırma kuvveti, r₂ ve t₂; yatay ve düşey kuvvet bileşenleri, R₃; tel halat direnci, r₃ ve t₃; yatay ve düşey kuvvet bileşenleri (Fridman, 1973; yeniden çizilmiştir).

Trol çekimlerinde su derinliğine göre değişen tel halat uzunluğu ve suya giriş açıları hesaplanmış ve tablo halinde verilmiştir. Nomura ve Yamazaki (1975)'e göre; su derinliği 40-50 m arasında tel halat uzunluğu 4-5 kat, 100 m civarı 3 kat ve 500-600 m'de 2.2-2.4 kat olarak verilmiştir. Tel halat açıları ve uzunlukları hesaplanırken $\sin\alpha=1/3$ kuralına bağlı kalınmıştır. Trol kapısı için trol çekimi sırasında oluşan kapı açısı 35-40° civarında alınmıştır. Tel halat açısı Nomura ve Yamazaki (1975) tarafından 20°, palamar halatı açısı ise 10° olarak verilmiştir. Ancak bu değerler trol donamının bulunduğu su derinliği ve trol çekim hızına göre değişmektedir.

Geleneksel dip trol ağı 9 bölümden, kesimli dip trol ağı ise 6 bölümden oluşmaktadır. Her bölümde yer alan ağ ipi çapı ve ağ göz uzunluğu ölçülerek, tüm ağ için gerekli ağ ip çapının d (mm) ağ göz uzunluğuna l (mm) oranı d/l elde edilmiştir. Trol donamında sadece trol ağının teorik direncini hesaplamak için, Nomura ve Yamazaki (1975) tarafından verilen (1) nolu eşitlik kullanılmıştır. Burada, $R_{ağ}$; ağın direnci (kg_f), λ ; ağın mantar yaka uzunluğu (m) ve v ; trol çekim hızıdır (m/s).

$$R_{ağ} = 25 \cdot \frac{d}{l} \cdot \lambda^2 \cdot v^2 \quad (1)$$

Tek bir trol kapısının direncini $R_{kapı}$ hesaplamak için verilen (2) nolu eşitlikte C_d ; kapı direnç katsayısı (hidrodinamik direnç katsayısı), ρ ; deniz suyunun

yoğunluğu (105 kgs²/m⁴), S ; trol kapısının yüzey alanıdır (m²). Trol kapısına ait direnç katsayısı 35-40°'lik kapı açısına göre seçilmiştir.

$$R_{kapı} = \frac{C_d}{2} \cdot \rho \cdot v^2 \cdot S \quad (2)$$

De la Cueva (1974) trol kapılarının direncini (3) nolu formül ile hesaplamıştır. Burada K_t ; direnç katsayısı olarak verilmiştir (3 mil/sa için 0.79 alınmıştır, her iki kapının toplam direnci).

$$R_{kapı} = K_t \cdot \rho \cdot v^2 \cdot S \quad (3)$$

Tek taraftaki tel halat ve palamar halatlarının direnci; R_{halat} (4) nolu eşitlik yardımıyla hesaplanabilir. Burada, C'_d ; tel halat ve palamar halatlarına ait direnç katsayıları, d' ; halatların çapı (m), L' ; halatların uzunluğudur (m).

$$R_{halat} = \frac{C'_d}{2} \cdot \rho \cdot d' \cdot L' \cdot v^2 \quad (4)$$

Trol donamının trol teknesi tarafından çekilirken suyun direnciyle karşılaşması sonucu ortaya çıkan toplam direnç kuvveti; R_{donam} (5) nolu eşitlikte verilmiştir.

$$R_{donam} = R_{ağ} + 2 \cdot R_{kapı} + 2 \cdot (R_{tel} + R_{palamar}) \quad (5)$$

Trol teknesi motor gücüne uygun ağ büyüklüğünün saptanması veya mevcut güce uygun trol ağı büyüklüğünün seçilmesi için (6) nolu eşitlik verilmiştir. Ana makinenin gücünün %80-90'ı maksimum devamlı fren gücü veya fren gücü; BHP olarak ifade edilir. BHP şaftın dönmesi için üretilen moment için gerekli güçtür. BHP 'nin %94'ü ise şaft gücüdür; SHP (tahrik veya uskur gücü). SHP , torsiyon metre cihazı ile şaft dönerken

ölçülen güçtür. Trol teknesinin hareket edebilmesi ve trol donamını çekebilmesi için gerekli efektif güç; *EHP* ise *SHP*'nin %23'ü kadardır (Nomura ve Yamazaki, 1975). Buna göre 500 BG'ndeki teknenin *EHP*'si yaklaşık 80 BG'dür. De la Cueva (1974), efektif gücün bulunması için deniz koşulu katsayısı; (0.7-1), devir sayısına bağlı uskur katsayısı; (0.2-0.28) ve motor verimini; (0.8) göz önüne almıştır. Araştırmacıya göre, 500 BG'ndeki bir motor 50-90 BG arasında bir efektif güce, *EHP* sahiptir. Şaft gücü veya maksimum devamlı fren gücü; *BHP* indike güçten; *IHP* elde edilir. İndike güç ise silindirlere yerleştirilen bir indikatör sayesinde gaz basıncını ölçerek elde edilmektedir. *EHP* ile *BHP* arasındaki ilişki Koyama (1971)'e göre $EHP = k \cdot BHP$ şeklindedir. Buradaki k katsayısı motor gücüne ve uskur çapına göre değişir. Ana makinenin gücü artınca, uskur çapı artar ve k değeri de büyür. Genelde ana makinenin gücü maksimum devamlı şaft gücü ile belirtilir. Sabit uskurlu büyük trollerde maksimum devamlı şaft gücünün %60'ı trol çekimi süresince *BHP* olarak kullanılır. Buna göre, 500 BG'ndeki teknenin *BHP*'si 300 BG ve k değeri 0.2 olduğunda *EHP*'si 60 BG olacaktır. Tüm bu verilere göre *EHP*, *BHP*'nin %15-30'u (300-5000 ton arasındaki gemilerde) olarak kabul edilebilir.

$$EHP = R_{donam} \cdot \frac{v}{75} \quad (6)$$

Buradan efektif motor gücüyle, *EHP* çekilebilecek trol donamının direnci elde edilebilir. Ancak bu direnç toplam dirençtir ve sadece ağ direncini bulmak için (5) nolu eşitlik kullanılır. Ağ direnci bulunduktan sonra ağın mantar yaka uzunluğunu saptamak için (1) nolu eşitlik gereklidir.

Ana makinenin motor gücü ve trol kapısı arasındaki ilişki (7) ve (8) nolu eşitliklerde verilmiştir (Koyama, 1971).

$$S = (0.0945).P^{(0.58)} \quad (7)$$

$$W = (0.00478).P^{(0.8)} \quad (8)$$

Burada S ; trol kapısının yüzey alanı (m^2), P ; motor gücü (BG) ve W ; trol kapısının havadaki ağırlığı (t) olarak ifade edilmektedir. Miyamoto (1959) ise trol kapısı ve motor gücü arasındaki ilişkiyi ft^2 alan cinsinden (9) ve (10) nolu eşitliklerle ifade etmiştir.

$$S = (0.105).P + 4 \quad (9)$$

$$B = \sqrt{\frac{((0.105).P + 4)}{2}} \quad (10)$$

(10) nolu eşitlikte B ; trol kapısının eni (ft) ve motor gücü arasındaki ilişki verilmiştir.

De la Cueva (1974) trol kapılarının yüzeyi ve motor gücü arasındaki ilişkiyi (11) no'lu eşitlikten hesaplamıştır.

$$S = (3.47).logHP - (6,11) \quad (11)$$

Koyama (1971) D ; tel halat çapı (mm) ve motor gücü arasındaki bağıntıyı (12) nolu eşitlikte vermiştir.

$$D = 18 + (0.0034).P \quad (12)$$

Koyama (1971)'e göre T_w ; trol vincinin gücü (BG) (13) nolu eşitlik yardımıyla hesaplanabilir.

$$T_w = 8 + (0.06).P \quad (13)$$

Bulgular

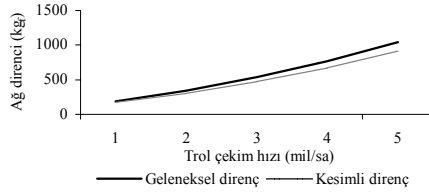
Geleneksel dip trol ağının planı çıkarılarak 9 bölümünün ağ ip çapı; d (mm) ve ağ göz uzunlukları; l (mm) hesaplanmıştır. Buradan d/l oranı tüm ağ için 0.0267 bulunmuştur. Aynı işlem 6 parçadan oluşan kesimli ağ için yapıldığında ise d/l oranı 0.0137 olarak hesaplanmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. Geleneksel ve kesimli dip trolağlarının d/l oranı ve mantar yaka uzunlukları; λ (m)

Geleneksel dip trol ağı				Kesimli dip trol ağı			
Parça	* d (mm)	l (mm)	d/l	Parça	* d (mm)	l (mm)	d/l
Kanat	1.36	100	0.0136	Üst kanat	0.85	80	0.010
Model	1.40	80	0.0175	Alt kanat	0.85	80	0.010
Karın I	0.80	44	0.0182	Omuz	0.80	60	0.013
Karın II	1.36	44	0.0310	Karın	0,80	60	0.013
Sardon	2.50	70	0.0360	Tünel	0.85	40	0.021
Tünel	1.36	44	0.0310	Torba	0.65	44	0.015
Uzatma I	1.36	44	0.0310	$\Sigma(d/l)/6 = 0.0137$			
Uzatma II	1.36	44	0.0310	$\Sigma(d/l)/9 = 0.0267$			
Torba	1.36	44	0.0310				

Geleneksel ağın mantar yaka uzunluğu (λ) = 22m, kesimli ağın mantar yaka uzunluğu (λ) = 28,7m (* Ağ ipi çap değerleri (d) el kumpası ile ölçülmüştür.)

(1) nolu eşitlikten geleneksel dip trolünün direnci trol çekim hızına bağlı olarak, $323.07.v^2$, kesimli dip trol ağının direnci $282.14.v^2$ bulunmuştur. Trol çekim hızı 1.5-3.5 mil/sa arasında seçildiğinde iki ağ arasındaki direnç kuvveti ilişkisi ve hıza bağlı değişimi Şekil 2’de görülmektedir.



Şekil 2. Geleneksel ve kesimli trol ağlarının değişen trol çekim hızlarına ait ağ dirençleri

Geleneksel ağın direnci 1.5 mil/sa trol çekim hızında 191.55 kg_f iken, kesimli trol ağının direnci 167.28 kg_f olmaktadır. 3.5 mil/sa’lik çekim hızında

ise dirençler sırasıyla 1046.75 kg_f ve 914.13 kg_f ’dır. Değişen hızlarda geleneksel ağ %14’lük daha fazla bir dirence sahiptir. Ağların direnci ise ilk hızdan son hıza kadar %446 oranında artmaktadır.

Trol donamının kapı direnci (2) nolu eşitlik yardımıyla 1.5-3.5 mil/sa çekim hızlarında hesaplanmıştır. Trol kapısı açısı $35-40^\circ$ (geleneksel kapıya göre optimum çekim açısı) arasında kabul edildiğinde, trol kapısı direnç katsayısı 0.6 civarındadır. Tek bir kapının direnci, trol çekim hızına bağlı olarak $42.84.v^2$ olarak bulunmuştur. Trol çekim hızına bağlı kapı direnci Tablo 2’de verilmiştir. Ayrıca (3) nolu eşitliğe göre trol çekim hızı 3 mil/sa olduğunda trol kapılarının direnci 268.6 kg_f olmaktadır. (2) nolu eşitlikte 3 mil/sa’lik çekim hızındaki trol kapılarının direnci 203.2 kg_f ’dır.

Tablo 2. Farklı çekim hızlarında geleneksel trol kapısına ait direnç değerleri

Çekim hızı (mil/sa)	Tek kapı direnci (kg_f)	İki kapı direnci (kg_f)	Direnç artışı ¹ (%)	Direnç artışı ² (%)
1.5	25.40	50.80	0	0
2	45.45	90.90	79	79
2.5	71.29	142.58	57	180
3	101.60	203.20	42	300
3.5	138.80	277.60	36	446

¹ Her farklı hızda direnç artış oranı, ² İlk hıza göre her hızdaki direnç artış oranı

Trol operasyonu için gerekli tel halat uzunluğu, su derinliği ve tel halat açısı hesaplanarak Tablo 3'te verilmiştir. Operasyon derinliği 20-400 m arası alınarak (Kara ve Gurbet, 1999), tel halat uzunluğu ve açısı belirlenmiştir. Değerlerden, krivadan deniz seviyesine olan mesafe çıkarılmıştır ve halat uzunluğu deniz seviyesinden itibaren alınmıştır.

Tablo 3. Trol operasyonu için gerekli tel halat uzunluğu, su derinliği ve tel halat açısı

Tel halat uzunlukları (m)										
Açı (°)	100	125	150	200	250	300	350	400	450	500
5	8.7	10.9	13.1	17.4	21.8	26.1	30.5	34.9	39.2	43.6
6	10.5	13.1	15.7	20.9	26.1	31.4	36.6	41.8	47.0	52.3
7	12.2	15.2	18.3	24.4	30.5	36.6	42.7	48.7	54.8	60.9
8	13.9	17.4	20.9	27.8	34.8	41.8	48.7	55.7	62.6	69.6
9	15.6	19.6	23.5	31.3	39.1	46.9	54.8	62.6	70.4	78.2
10	17.4	21.7	26.0	34.7	43.4	52.1	60.8	69.5	78.1	86.8
11	19.1	23.9	28.6	38.2	47.7	57.2	66.8	76.3	85.9	95.4
12	20.8	26.0	31.2	41.6	52.0	62.4	72.8	83.2	93.6	104.0
13	22.5	28.1	33.7	45.0	56.2	67.5	78.7	90.0	101.2	112.5
14	24.2	30.2	36.3	48.4	60.5	72.6	84.7	96.8	108.9	121.0
15	25.9	32.4	38.8	51.8	64.7	77.6	90.6	103.5	116.5	129.4
16	27.6	34.5	41.3	55.1	68.9	82.7	96.5	110.3	124.0	137.8
17	29.2	36.5	43.9	58.5	73.1	87.7	102.3	116.9	131.6	146.2
18	30.9	38.6	46.4	61.8	77.3	92.7	108.2	123.6	139.1	154.5
19	32.6	40.7	48.8	65.1	81.4	97.7	113.9	130.2	146.5	162.8
20	34.2	42.8	51.3	68.4	85.5	102.6	119.7	136.8	153.9	171.0
21	35.8	44.8	53.8	71.7	89.6	107.5	125.4	143.3	161.3	179.2
22	37.5	46.8	56.2	74.9	93.7	112.4	131.1	149.8	168.6	187.3
23	39.1	48.8	58.6	78.1	97.7	117.2	136.8	156.3	175.8	195.4
24	40.7	50.8	61.0	81.3	101.7	122.0	142.4	162.7	183.0	203.4
25	42.3	52.8	63.4	84.5	105.7	126.8	147.9	169.0	190.2	211.3
26	43.8	54.8	65.8	87.7	109.6	131.5	153.4	175.3	197.3	219.2
27	45.4	56.7	68.1	90.8	113.5	136.2	158.9	181.6	204.3	227.0
28	46.9	58.7	70.4	93.9	117.4	140.8	164.3	187.8	211.3	234.7
29	48.5	60.6	72.7	97.0	121.2	145.4	169.7	193.9	218.2	242.4
30	50.0	62.5	75.0	100.0	125.0	150.0	175.0	200.0	225.0	250.0
31	51.5	64.4	77.3	103.0	128.8	154.5	180.3	206.0	231.8	257.5
32	53.0	66.2	79.5	106.0	132.5	159.0	185.5	212.0	238.5	265.0
33	54.5	68.1	81.7	108.9	136.2	163.4	190.6	217.9	245.1	272.3
34	55.9	69.9	83.9	111.8	139.8	167.8	195.7	223.7	251.6	279.6
35	57.4	71.7	86.0	114.7	143.4	172.1	200.8	229.4	258.1	286.8
40	64.3	80.3	96.4	128.6	160.7	192.8	225.0	257.1	289.3	321.4
45	70.7	88.4	106.1	141.4	176.8	212.1	247.5	282.8	318.2	353.6
50	76.6	95.8	114.9	153.2	191.5	229.8	268.1	306.4	344.7	383.0

Tablo 3. devamı.

Tel halat uzunlukları (m)										
Açı (°)	550	600	650	700	750	800	850	900	950	1000
5	47.9	52.3	56.7	61.0	65.4	69.7	74.1	78.4	82.8	87.2
6	57.5	62.7	67.9	73.2	78.4	83.6	88.8	94.1	99.3	104.5
7	67.0	73.1	79.2	85.3	91.4	97.5	103.6	109.7	115.8	121.9
8	76.5	83.5	90.5	97.4	104.4	111.3	118.3	125.3	132.2	139.2
9	86.0	93.9	101.7	109.5	117.3	125.1	133.0	140.8	148.6	156.4

Tablo 3. devamı

10	95.5	104.2	112.9	121.6	130.2	138.9	147.6	156.3	165.0	173.6	
11	104.9	114.5	124.0	133.6	143.1	152.6	162.2	171.7	181.3	190.8	
12	114.4	124.7	135.1	145.5	155.9	166.3	176.7	187.1	197.5	207.9	
13	123.7	135.0	146.2	157.5	168.7	180.0	191.2	202.5	213.7	225.0	
14	133.1	145.2	157.2	169.3	181.4	193.5	205.6	217.7	229.8	241.9	
15	142.4	155.3	168.2	181.2	194.1	207.1	220.0	232.9	245.9	258.8	S
16	151.6	165.4	179.2	192.9	206.7	220.5	234.3	248.1	261.9	275.6	u
17	160.8	175.4	190.0	204.7	219.3	233.9	248.5	263.1	277.8	292.4	
18	170.0	185.4	200.9	216.3	231.8	247.2	262.7	278.1	293.6	309.0	d
19	179.1	195.3	211.6	227.9	244.2	260.5	276.7	293.0	309.3	325.6	e
20	188.1	205.2	222.3	239.4	256.5	273.6	290.7	307.8	324.9	342.0	r
21	197.1	215.0	232.9	250.9	268.8	286.7	304.6	322.5	340.4	358.4	i
22	206.0	224.8	243.5	262.2	281.0	299.7	318.4	337.1	355.9	374.6	n
23	214.9	234.4	254.0	273.5	293.0	312.6	332.1	351.7	371.2	390.7	l
24	223.7	244.0	264.4	284.7	305.1	325.4	345.7	366.1	386.4	406.7	i
25	232.4	253.6	274.7	295.8	317.0	338.1	359.2	380.4	401.5	422.6	ğ
26	241.1	263.0	284.9	306.9	328.8	350.7	372.6	394.5	416.5	438.4	i
27	249.7	272.4	295.1	317.8	340.5	363.2	385.9	408.6	431.3	454.0	(m)
28	258.2	281.7	305.2	328.6	352.1	375.6	399.1	422.5	446.0	469.5	
29	266.6	290.9	315.1	339.4	363.6	387.8	412.1	436.3	460.6	484.8	
30	275.0	300.0	325.0	350.0	375.0	400.0	425.0	450.0	475.0	500.0	
31	283.3	309.0	334.8	360.5	386.3	412.0	437.8	463.5	489.3	515.0	
32	291.5	318.0	344.4	370.9	397.4	423.9	450.4	476.9	503.4	529.9	
33	299.6	326.8	354.0	381.2	408.5	435.7	462.9	490.2	517.4	544.6	
34	307.6	335.5	363.5	391.4	419.4	447.4	475.3	503.3	531.2	559.2	
35	315.5	344.1	372.8	401.5	430.2	458.9	487.5	516.2	544.9	573.6	
40	353.5	385.7	417.8	450.0	482.1	514.2	546.4	578.5	610.6	642.8	
45	388.9	424.3	459.6	495.0	530.3	565.7	601.0	636.4	671.8	707.1	
50	421.3	459.6	497.9	536.2	574.5	612.8	651.1	689.4	727.7	766.0	

Trol donanımının halat direnci tel halat ve palamar halatı olarak, farklı hızlar için hesaplanmıştır (Tablo 4, 5). Tel halat uzunluğu operasyon derinliğinin 2.5-5 katı civarında alınmıştır. Tel halatın suya giriş açısı; $\alpha=11-24^\circ$ arasındadır. Trol çekim aralığı 1.5-3.5 mil/sa arasında alınmıştır. Palamar halatının direnç hesabı için 10° 'lik sabit bir halat açısı ve 0.04 direnç katsayısı alınmıştır. Bulunan direnç değerleri (4) nolu eşitlik yardımıyla hesaplanmış ve sadece tek bir halat direncini vermektedir. (5) nolu eşitlik yardımıyla trol donanımının hesaplanan değerlere göre toplam direncini bulmak mümkündür (Şekil 3).

Trol donanımının toplam direnci trol çekim hızına göre değişmekle beraber, geleneksel trol için 5 farklı çekim hızında (1.5; 2; 2.5; 3; 3.5 mil/sa, 100 m su derinliği) sırasıyla 268.8 kg_f; 480.9 kg_f; 754.5 kg_f; 1075.2 kg_f ve 1468.9 kg_f olarak, kesimli trol

için ise aynı derinlikte 244.5 kg_f; 437.6 kg_f; 686.3 kg_f; 978.1 kg_f ve 1336.3 kg_f bulunmuştur. 150 m su derinliği için aynı hızlarda iki trol için direnç %3 oranında artmaktadır.

Geleneksel trol donanımını çekebilmek için gerekli efektif güç, EHP (6) nolu eşitlikten yararlanılarak, 755 kg_f donam direnci, 2.5 mil/sa çekim hızı, 100 m su derinliği, yaklaşık 20° tel halat açısı koşulunda 13 BG, kesimli trol donanımında ise 686 kg_f direnç altında 12 BG'dür. 500 BG olan trol teknesi için EHP 60-80 BG arasında hesaplandığına göre 60 BG trol donanımını çekebilmek için gerekli güç kabul edildiğinde aynı eşitlikten çekilebilecek donanın maksimum direnci 3488 kg_f bulunur. Trol donanımının direncinin %30-35'inin kapı ve halatların toplam direnci olduğu kabul edilirse, trol ağının direnci yaklaşık 2442 kg_f bulunur.

Buradan (1) nolu eşitlik ile mantar yaka uzunluğu 47 m olarak hesaplanır (2.5 mil/sa için). Bu değer trol ağı, kapılar ve halatların direncini ifade ettiğinden sadece trol ağının direnci bu koşullarda geleneksel ağ için 537.6 kg_f, kesimli ağ

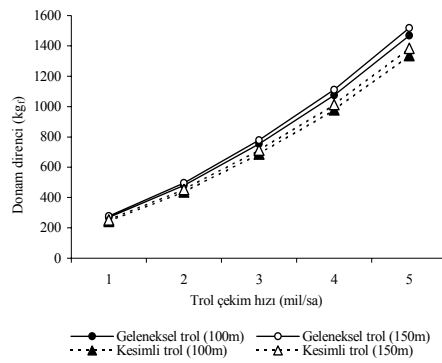
için 469.5 kg_f'dir. Buradan (1) nolu eşitliği kullanarak 2.5 mil/sa için geleneksel ağın mantar yaka uzunluğu 22 m, kesimli ağın mantar yaka uzunluğu 28.7 m olarak tasarlanabilir.

Tablo 4. Farklı çekim hızı; v (mil/sa), su derinliği; h (m) ve halat uzunluğuna; L' (m) bağlı tel halat dirençleri (tek halat)

	Trol çekim hızı					∞	h	L'	L'/h
	5	2.0	2.5	3.0	3.5				
		R_{tel} (kg _f)							
1.6	2.8	4.4	6.2	8.5	11.5	20	100	5	
3.1	5.6	8.71	12.5	17.0	11.5	40	200	5	
5.8	10.4	16.4	23.3	31.9	13.9	60	250	4.1	
7.0	12.5	19.7	28.0	38.3	18.6	80	250	3.1	
8.9	15.9	24.9	35.5	48.5	19.5	100	300	3	
13.3	23.8	37.3	53.2	72.7	19.5	150	450	3	
17.7	31.7	49.8	71.0	97.0	19.5	200	600	3	
22.9	40.9	64.2	91.5	125.0	21	250	700	2.8	
28.0	50.1	78.6	112.1	153.1	22	300	800	2.7	
35.0	62.7	98.3	140.1	191.4	22.9	350	900	2.6	
42.0	75.2	117.9	168.1	229.6	23.5	400	1000	2.5	

Tablo 5. Farklı çekim hızlarında palamar halatının dirençleri (tek halat)

$R_{palamar}$ (kg _f)	C_d	∞	v (mil/sa)
4.4			1.5
7.8			2
12.2	0.04	10	2.5
17.4			3
23.8			3.5



Şekil 3. Geleneksel ve kesimli trol donamlarının 2 farklı su derinliğinde ve 5 farklı çekim hızındaki toplam dirençleri

Trol kapısının tekne motor gücüne göre seçilmesinde, BHP 400 BG olduğunda (7) nolu eşitlikten 3.05 m²'lik trol kapısı bu kapasitedeki bir trolün çekebileceği kapı boyutunu vermektedir. Bu da 1.36 m²'lik trol kapısını çekebileceği anlamına gelmektedir. Ayrıca (8) nolu eşitlikten trol kapısının havadaki ağırlığı motor gücüne bağlı olarak bulunabilir. Kapı ağırlığı 0.57 t (570 kg_f) olarak bulunur. Trol kapısının boyu ve eni arasındaki oran genellikle 2/3 veya 1/2 olarak kabul edilmektedir. Kapı boyutlarını ve malzemesini bulunan yüzey alanı ve ağırlığa göre seçmek mümkündür. (9) ve (10) nolu eşitliklerden

ise trol kapısının yüzey alanı 5 m^2 ve eni 1.56 m olarak bulunmaktadır. (11) nolu eşitlik ile kapı yüzey alanı 3.25 m^2 olarak bulunmaktadır.

Tel halat çapı ise aynı şekilde (12) nolu eşitlik yardımıyla yaklaşık 20 mm olarak hesaplanabilir.

Trol donamını çekmek ve toplamak için gerekli olan trol vinci kapasitesini seçmek için (13) nolu eşitlik kullanıldığında, BHP ; 400 BG ise T_w ; 32 BG bulunur. Genellikle T_w EHP ile aynı veya %50'si kadardır. Teknenin grostonu artıkça T_w , EHP 'ye göre azalır. EHP 60 BG olduğuna göre T_w $30-60 \text{ BG}$ arasında bir güce sahip olacaktır. Söz konusu her iki trol ağının çekilebilmesi için gerekli EHP $12-13 \text{ BG}$ 'dür. Buna göre ise T_w $6-12 \text{ BG}$ civarında bir güçle trol donamlarını toplayabilecektir.

Tartışma ve Sonuç

Teorik direnç hesaplamalarıyla farklı boyut ve özellikteki trol ağlarına ait direnç değerlerini hesaplamak mümkündür. Bu çalışmada geleneksel trol ağının direnci, kesimli ağa göre daha yüksek bulunmuştur. Özellikle trol çekim hızının artması trol ağı direncini artırmaktadır. Fridman (1973), trol ağının direnci ve trol çekim hızı arasındaki ilişkiyi eğri şeklinde grafiksel olarak ifade etmiş ve hız artıkça direncin arttığını belirtmiştir. Her iki trol ağında da 1.5 mil/sa çekim hızından, 2 mil/sa çekim hızına çıkıldığında ağ direnci 1.8 kat artmaktadır. İzleyen hızlarda ($2.5, 3, 3.5 \text{ mil/sa}$) ise ilk direnç değerine göre sırasıyla $2.8, 4$ ve 5.5 kat direnç artışı oluşmaktadır. Bu değerler sadece trol ağı dirençleridir. Trol kapısı ve halatları ayrıca hesaplanmıştır.

Trol avcılığında uygulamada $2-2.5 \text{ mil/sa}$ çekim hızı göze çarpmaktadır. Bu hız balıkçılar ve araştırmacılar tarafından kullanılmaktadır. Arzu edilen av kompozisyonu ve av veriminin bu

hızlarda elde edilmesi, optimum ağ performansının ve geometrisinin sağlanması, tekne özellikleri ve yakıt tüketimi sözü edilen hızlarda çekim yapılmasının nedenleri olabilir. Fridman (1973), farklı türlerdeki $15-53 \text{ cm}$ arasında değişen boylara sahip demersal balıkların yüzme hızlarının $0.4-2.5 \text{ m/s}$ ($\sim 0.78-4.86 \text{ mil/sa}$) arasında olduğunu ifade etmiştir. Dip trolünün $2-2.5 \text{ mil/sa}$ hızla çekilmesinin nedenlerinden birisi balıkların yüzme hızlarıyla ilişkilidir. Ancak trolün çok hızlı çekilmesi av miktarını artırmayacaktır. Fridman (1973) optimum çekim hızının belirlenmesi amacıyla av miktarı-çekim hızı arasındaki ilişkiyi ortaya koymuş ve optimum çekim hızından daha yüksek hızlarda av miktarının azaldığını ifade etmiştir. Bunun yanında teorik direnç hesabı 2 ve 2.5 mil/sa 'lik çekim hızında direncin 1.5 mil/sa 'e göre yaklaşık 2 kat artması, daha yüksek hızlarda ise bu oranın $5-6$ kat civarına çıkmasına neden olduğunu göstermektedir. Trol ağının direncindeki bu artış trol teknesi üzerindeki direnç yükünü fazlaştıran yakıt tüketimini artırabilir. Bu nedenle $2-2.5 \text{ mil/sa}$ 'lik trol çekim hızı direnç konusu diğer faktörlerle beraber göz önüne alındığında en uygun hız olacaktır.

Geleneksel trol kapısı için operasyon süresince etkili kapı açısı $35-40^\circ$, direnç katsayısı 0.6 olarak verilmiştir. *Superkrüb* kapıda ise bu açı $14-15^\circ$ ve direnç katsayısı 0.3 olarak alınmaktadır. Trol kapısının direnci hesaplanırken kapı açısı sabit alınmıştır, ancak kapı açısı hıza bağlı değişmektedir. Farklı hızlarda kapılar arası mesafenin sensörler sayesinde ölçülüp, ağın ekseninden geçen doğrusal hatta kapının yaptığı açı saptanabilir. Bununla beraber trol kapısının direncinin mevcut veriyle teorik olarak hesaplanması da ağ ve tekne gücü seçimi arasında bir ilişki yakalamak için yeterli olacaktır. Ayrıca her iki trol kapısının ağ donamı direnci söz konusu

olduğunda toplam direncin yaklaşık %5-20'sini oluşturduğu göz önüne alınmalıdır. Bu oran direnç katsayısı yüksek olan geleneksel kapıdan, daha az dirence maruz kalan trol kapılarının seçimi ve kullanımını gerekli kılmaktadır. Koyama (1971), trol kapısının direncinin ağ direncinin %18-20'si kadar olması gerektiğini ifade etmiştir. De la Cueva (1974) trol kapılarının direncinin toplam donam direncinin %20-28'i olduğunu belirtmiştir. Bu oran hesaplamalarda %20-30 civarında bulunmuştur. Bu da geleneksel trol kapısının hidrodinamik direnç değerinin diğer kapılara göre yüksek olduğunu göstermektedir.

Tel halat ve palamar halatı açıları da trol çekim hızına bağlı değişmektedir (Özekinci ve Hoşsucu, 2000). Tel halat açısı hız arttıkça azalmakta, palamar açısı ise artmaktadır. Farklı hızlardaki açı ölçümlerinin pratik olarak yapılması sonuçların doğruluğunu artıracaktır. Ancak bu değişimler donamın toplam direncini çok fazla etkilememektedir. Bu nedenle çalışmada farklı hızlarda da halat açıları ve direnç katsayıları aynı verilmiştir. Örneğin tel halatın suya giriş açısına göre bulunan direnç katsayıları 0.05-0.13 arasında değişmektedir. Palamar halatının açısı ise 10° olarak alınmıştır. Halat dirençleri yaklaşık kapı dirençlerinin %50'si kadar bir direnç oluşturmaktadır. Ayrıca trol donamının %4-15'i kadar bir dirence maruz kalırlar.

Trol teknesine uygun ağ tasarımı için her iki ağın da mantar yaka uzunluğu hesaplandığında geleneksel ağ, kesimli ağa göre daha kısa tasarlanmalıdır. Bu geleneksel ağın direncinin daha yüksek olmasından kaynaklanmaktadır. Teknenin EHP'sine göre maksimum trol donamı yaklaşık 3500 kg_f direnç yaratmalıdır. Bu direnç koşulu ancak 2.5 mil/sa çekim hızı için geçerlidir. Trol çekim hızının artmasıyla donamın direnci de artacaktır. Bu nedenle trol ağı ve donanımları seçilirken optimum trol çekim hızı göz

önüne alınmalıdır.

Teorik direnç hesapları özellikleri bilinen ağlar ve donamları için ancak tahmin niteliği taşıyabilir. Ancak bu tahminler tekne gücü ve ağ tasarımına karar vermek için kullanışlı olabilir. Bu nedenle trol teknesine uygun ağ tasarımı yapmak ya da ağ boyutuna uygun tekne ve motor gücü seçmek avcılık ve maliyet açısından önemli olacaktır.

Kaynakça

- De la Cueva M., 1974. Artes y aparejos. Tecnologia pesquera. Subsecretaria de la Marina Mercante, 258 p.
- Fridman A. L., 1973. Theory and design of commercial fishing gear, Chapter X-XI, Translated from Russian, Israel Program for Scientific Translations, Jerusalem.
- Fridman A. L., Rozenshtein, M. M. and Lukashov, U.N., 1973. Design and testing of trawls, Translated from Russian, Published for the NMFS, NOAA, US Dep. of Commerce and Nat. Sci. Found, Washington D. C.
- Kara Ö. F. and Gurbet R., 1999. Investigation on Industrial Fishery of the Aegean Sea (in Turkish). Republic of Turkey, Minister of Agriculture and Rural Labour, General Directorate of Agricultural Researches, Directorate of Fisheries Research Institute, Bodrum, Serial B, Vol. 5, 135.
- Koyama T., 1971. A calculation method for matching trawl gear to towing power of trawlers, p. 352-358. *In* H. Kristjonsson [eds.], Modern fishing gear of the world. FAO.
- Koyama T., 1974. Study on the stern trawl. Bull. Tokai Reg. Fish. Reg. Lab., No. 77: 171-174.
- Lök A., Tokaç A., Tosunoğlu Z., Metin C. and Ferro, R.S.T., 1997. The effects of different cod-end design on bottom trawl selectivity in Turkish fisheries of the Aegean Sea. Fisheries Research 32: 149-156.
- Miyamoto H., 1959. On the relation between otter trawl gear and towing power, p. 248-250. *In* H. Kristjonsson [eds.], Modern fishing gear of the world. FAO.
- Nomura M., and Yamazaki T., 1975. Fishing techniques, JICA, Tokyo.

- Nomura M., 1985. Fishing techniques (3), JICA, Tokyo.
- Özekinci U. and Ayaz, A., 2000. The determination of suitable size of the net for vessel in construction of mid-water trawl net (in Turkish), E.U. Faculty of Fisheries, Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 17: 109-119.
- Özekinci U., and Hoşsucu H., 2000. Determination of the fishing depth during operation on mid-water trawling by using wire rope angle (in Turkish), E.U. Faculty of Fisheries, Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 17: 179-184.
- Sainsbury J. C., 1996. Trawl Netting. *In* Commercial Fishing Methods: An Introduction to Vessels and Gears. 3rd Edition. Fishing News Books, Oxford.
- Scharfe J., 1959. Experiments to decrease the towing resistance of trawl gear, p. 245-247. *In* H. Kristjonsson [eds.], Modern fishing gear of the world. FAO.
- Tokaç A., 1989. Experiments on model trawl nets (in Turkish), Ph.D. Thesis, E.U. Graduate School of Natural and Applied Sciences, Department of Fisheries, Bornova-İzmir, 127 p (Unpublished).
- Tokaç A., Lök A., Tosunoğlu Z., Metin, C. Ferro, R. S. T., 1998. Cod-end selectivity of a modified bottom trawl for three fish species in the Aegean Sea. Fisheries Research 39: 17-31.
- Tosunoğlu Z., Kaykaç, M.H., Aydın, C., Tokaç, A., 1996. Bottom trawl nets used in fishery researches of Ege University, Faculty of Fisheries (in Turkish). E.U. Faculty of Fisheries, Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 13: 485-498.
- Tosunoğlu Z., Kaykaç H., Düzbastılar F. O., 2002. Full-scale performance measurements and underwater observations of conventional and tailored demersal trawl nets (in Turkish). E.U. Faculty of Fisheries, Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 19: 209-219.