

Bilateral Simetrik Mikroplankton Türlerinin Bilgisayarla Biyo-Volümlerinin Hesaplanması (CAD Uygulamaları)

*Levent Yurga, Tufan Koray

Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Su Ürünleri Temel Bilimleri Bölümü, 35100, Bornova, İzmir, Türkiye
*E mail: levent.yurga@ege.edu.tr

Abstract: *Calculating biomass of microplanktonic bilateral symmetric species (CAD Applications).* Calculating biomass of microplanktonic species and to determine the contribution of first segment models of food chain is an important modelling problem. Despite to existing many biomass calculation methods researchers tried to develop more useful solutions. Because of calculation process, microscopic measurement methods and using geometric patterns to calculate correctly biomass, still there is not enough satisfactory method. Using a computer aided design software to develop a new method more accurate than existing methods to calculate the biomass of microplanktonic species which has bilateral symmetry is purpose of this work. Some algorithms of Ciliata species has been given as an example in this study.

Key Words: Biomass, mikroplankton, bilateral, food chain, modelling.

Özet: Mikroplankton türlerinin biyo-kütellerinin bilinmesi besin zinciri modellerinin ilk segmentinin katkısının saptanmasında önemli bir modelleme problemidir. Bu amaçla, birçok biyo-kütle hesaplama yöntemi geliştirilmiş olmasına karşın, hesaplama süreci mikroskobik ölçümler, geometrik şekillere benzetilerek yapılan biyo-hacim hesaplamaları gibi karmaşık bölümlerden meydana geldiği için henüz tatminkâr bir yöntemin varlığından söz edilememektedir. Bu araştırmanın amacı, bilgisayar destekli bir dizayn programından yararlanılarak mevcut metodlardan daha duyarlı bir şekilde bilateral şekilli mikroplankton türlerinin biyo-hacimlerini hesaplanması için bir yöntem geliştirmektir. Bu amaçla hazırlanmış algoritmalarla siliyatlarla ilgili örnekler sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Biyo-kütle, biyo-hacim, bilateral, mikroplankton.

Giriş

Ülkemizde Tintinnida takımını esas alan araştırmaların daha ziyade tür kompozisyonu üzerine olduğu görülmektedir. Bu çalışmalarda, bir hücreli mikroplankton türlerine genel plankton tür listesi içinde değinilmekte, ya da kirlilikle ilgili çalışmalarda indirekt olarak listesi verilmektedir (Ergen, 1967; Koray ve Özel, 1983, Kocataş ve diğ., 1984; Koray, 1984.)

Buna karşın, yurdumuzda, planktonun mikroplankton segmenti ile ilgili hücre hacmi ve boy spektrumu ile ilgili çok az sayıda araştırma bulunmaktadır. Daha ziyade, tür tayini araştırmaları sırasında, sıradan mikroskoplarla yapılmış hücre çapı ölçümlerinin tür tanımları ile birlikte verildiği yayınlar görülmektedir. Gerçek anlamda hücre biyo-kütlenin ön planda yer aldığı ilk araştırmanın Ölçüm ve Gökpınar (1997) tarafından yapılan, yedi diatom türünün hücre hacimlerinin mevsimsel değişimlerinin incelendiği çalışma olduğu söylenebilir. Bunu takiben, Yurga (1999), konuyu tekrar ele almıştır. Sonraki yıllarda ise Üstsoy ve diğ. (2004) Matlab bilgisayar programıyla konuyu tekrar incelemiştir. Kullanılan programın yarı yarıya bitmap olması sebebiyle ve programın hacim hesabında bilateral simetrik organizmaları elipsler çizerek hesaplama yapması sebebiyle, hücre enleri ve boylarının ortalamasını alması, biyovolüm hesabında kesin sonucu vermemektedir. Bu yüzden, bu çalışmada el alınan CAD (Computer Aided Design) programları PhotoPaint®, Adobe Photoshop®, Paint Shop Pro®, Micrografx Picture

Publisher® gibi bitmap bilgisayar grafik programlarından farklıdır. CAD programları vektör tabanlı bilgisayar grafik programı olup uçak, otomotiv, uzay ve değişik pekçok mühendislikte etkin olarak kullanılmaktadır. CAD programlarından en popüler olarak kullanılanlardan birisi olarak seçtiğimiz ACAD programıyla denizlerimizde bulunan mikroplanktonik organizmalardan dairesel kesitli olan türlerin bireylerinden şekil çizimi elde edilir. Sonuçta ortaya çıkan üç boyutlu çizimlerden hacim oluşturularak elde edilen sonuçlar biyo-kütle hesaplarında kullanılır.

Bu araştırmanın amacı, boy spektrumları ve volumetrik biyo-kütellerinin abundant türler için çıkarılması sureti ile hücre karbonunun allometrik yöntemlerle hesaplanmasını kolaylaştıran yeni ACAD yönteminin geçerliliğini kanıtlamaktır.

Materyal ve Yöntem

Bu çalışmada Kovala ve Larrance'ın (1966) geometrik yaklaşımları incelenmiş ve araştırmalar bu sebeple bilateral simetrik olan mikroplanktonik organizmalara yönlendirilmiştir. Araştırmada Tintinnid'lerin seçilme sebebi ise bu grubun kusursuz bilateral simetriye sahip olmalarıdır. Mikroplanktonik organizmalardan dairesel kesitli olanların ACAD programıyla üç boyutlu olarak çizilebilmesi için "File" menüsünden "Start from scratch" seçilir. Çizimi kolaylaştırmak için "Construction line" kullanılması daha iyi sonuç verir. "Draw" menüsünden "Polyline" seçilir. "Construction line"ın bir tarafına üç boyutlu

çizilecek şeklin simetrik olan yalnızca bir tarafı çizilir. Bu aşamada dikkat edilecek husus şeklin kapalı halde çizilmesidir. Çizim bittikten sonra "construction line"ı dikkate almadan şekil kapatılır. "Draw" menüsünden "solids", oradan "revolve" ve oradan da "selected objects" seçilir ve arkasından ekrandaki şekile tıklanarak seçili duruma getirilir. Çizim seçili durumdayken menüden "axis of revolution" seçilerek "construction line" üzerinde dönüş ekseninin ilk noktası seçilir. "End point of axis" seçilerek ekrandaki çizimin son noktası da seçildikten sonra "angle of revolution" kısmından "full circle" seçilerek enter'a basılır. Eğer çizilecek şeklin simetrik ilk yarısını kapsayan "polyline" kapatılmamışsa bu aşamada "select" komutu yarım şekli 360 derece çevirerek üç boyutlu hale getiremeyecektir. Nihayet, hacim hesabı için "Tools" menüsünden "Inquiry" seçilerek buradaki alt menüden "Mass Properties" seçilir. Ekrandaki şekil seçilerek sağ tuşa tıklanır.

Dairesel kesit dışında eliptik, dikdörtgen veya kare vs. kesitli üç boyutlu şekil oluşturma ve elde edilen şekillerin hacimlerini hesaplamak için "File" menüsünden "Start to stretch" seçilir. "View" menüsünden "3D Viewpoint" seçilir. Buradan "NW Isometrik" seçilir. Burada dikkate alınması gereken husus, oluşturulan şeklin iyi kalitede olabilmesi için organizmanın üstten ve yandan görünüşleri gereklidir. "Draw" menüsünden "rectangle ellipse" ile bir tek kesit çizilir. "Draw" menüsünden "Solids" oradan da "Extrude" seçilerek ekrandaki obje fare ile seçili duruma getirilir. Bunun için objenin üstüne farenin sol tuşu ile bir defa tıklanır. "Path/Height of Excursion" ile yükseklik değeri girilir. "Excursion taper angle" olarak sıfır "0" girilir ve farenin sağ tuşuna basılarak üç boyutlu çizim oluşturulur. Hacim hesabı ise dairesel kesittekinin aynısıdır.

Tam dairesel kesitli planktonik türler için ise "File" menüsünden "New" seçilir ve oradan "Start from stretch" seçilir. Çizimi kolaylaştırmak için buradan da "construction line"

kullanılması tavsiye edilir. "Draw" menüsünden "Polyline" seçilerek organizmanın yarısı kapalı halde çizilir. Daha sonra "construction line" yokmuş gibi çizim kapatılır ve "Draw" menüsünden "Solids" seçilir. Buradan "Revolve" seçilerek "Select Objects" yapılır. Şeklin üzerinde "construction line"ın ilk noktası seçilerek dönüş ekseninin ilk noktası seçilir. "End point of axis" seçilerek çizimin dönüş ekseninin son noktası da seçilir. "Angle of revolution" kısmından "Full Circle" seçilerek enter'a basılır. Daha sonra hacim hesabı için "Tools" menüsünden "Inquiry" oradan da "Mass Properties" seçilir. "Select Objects" yapılarak ekrandaki şeklin üzerine sağ tuşa tıkladığında hacim hesaplanmış olur.

Bu çalışmada ACAD programı ile üç boyutlu olarak çizimi yapılması ve hücre hacmi hesaplanması amacıyla *Rhabdonella spiralis* (Fol) Brandt, *Dadayiella ganymedes* (Entz sen.) Kofoid et Campbell, *Metacyclis jöergensenii* (Cleve) Kofoid et Campbell ve *Tintinnopsis campanula* (Ehrenberg) Daday olmak üzere 4 tür, Ciliata sınıfının Tintinnidae ordosundan seçilmiştir. Seçilen 4 tür yukarıda izah edilen şekilde ACAD programı ile bilgisayarda üç boyutlu hale getirilerek organizmanın hacmi μ^3 ve yüzeyi de μ^2 olarak hesaplanmıştır.

R. spiralis için Tablo 1, *D. ganymedes* için Tablo 2, *M. jöergensenii* için Tablo 3 ve *T. campanula* için Tablo 4'te görüleceği üzere organizmaların ayrı ayrı yüzey ve hacim hesabı bilgisayar tarafından hesaplanmıştır.

R. spiralis için Şekil 1 ve 2, *D. ganymedes* için Şekil 3 ve 4, *M. jöergensenii* için Şekil 6, *T. campanula* Şekil 7 ve 8'de görüleceği üzere seçilmiş türlerin ACAD ile çap ve yükseklik ölçümleri bilgisayarda hesaplanmıştır. Şekil 5'te *D. ganymedes* ve Şekil 9'da *T. campanula* türünün 3 boyutlu çizimi ayrıca verilmiştir.

Tablo 1. *R. spiralis* hacim ve yüzey sonuçları.

Ölçüm	Çap 1	Çap 2	Yükseklik	Hacim	Yüzey
1	129,7078	123,6142	5,6191	70779,25714	3595,193397
2	123,6142	118,3047	5,6191	64548,44001	3338,118348
3	118,3047	113,0726	5,6191	62326,83474	3330,307118
4	113,0726	109,8751	5,6191	57862,25099	3040,867008
5	109,8751	106,6777	5,6191	54590,70733	2953,63832
6	106,6777	104,0616	6,2434	54418,20348	2984,761056
7	104,0616	102,3176	5,9313	49579,45438	2747,096166
8	102,3176	100,8642	6,2434	50583,37929	2835,585365
9	100,8642	99,9922	6,2434	49431,62674	2791,115986
10	99,9922	99,1202	6,2434	48576,94698	2766,881227
11	99,1202	98,5388	6,2434	47870,20261	2742,980102
12	98,5388	97,9575	6,2434	47308,68173	2726,843911
13	97,9575	97,0854	5,9313	44281,54261	2575,521297
14	97,0854	96,2134	6,5556	48071,02404	2819,776246
15	96,2134	95,0507	6,2434	48071,02404	2662,832712
16	95,0507	93,3067	6,2434	44823,2222	2636,413974
17	93,3067	87,8077	15,1168	43471,89877	6178,667598
18	87,8077	82,1331	13,89	97343,94147	5349,230246
19	82,1331	75,5624	13,0566	78753,27275	4714,057932
20	75,5624	69,2905	11,9454	63757,25709	3972,051512
21	69,2905	62,7198	11,6676	49219,30158	3552,813483
22	62,7198	55,2532	11,3898	7100,07094	3139,589533
23	55,2532	43,6825	11,6676	31154,89971	2860,781288
24	43,6825	41,8132	12,2232	22517,06448	2327,071829
25	41,8132	35,5412	13,2138	17536,88986	2332,523667
26	35,5412	29,778	14,6953	12336,53227	2171,832106
27	29,778	23,8222	15,9199	9012,67091	1927,40046
28	23,8222	18,9833	17,9609	6496,080016	1722,452742
29	18,9833	14,8889	20,0019	4525,613224	1512,140752
30	14,8889	11,1667	22,8594	3366,344777	1326,829591
31	11,1667	8,1889	25,7168	1905,692591	1107,043955
32	8,1889	7,0722	30,6152	1401,821974	1037,551834
Total				1293022,358	91780,03878

Tablo 3. *M. jöergensenii* hacim ve yüzey sonuçları.

Tablo 2. *D. ganymedes* hacim ve yüzey sonuçları

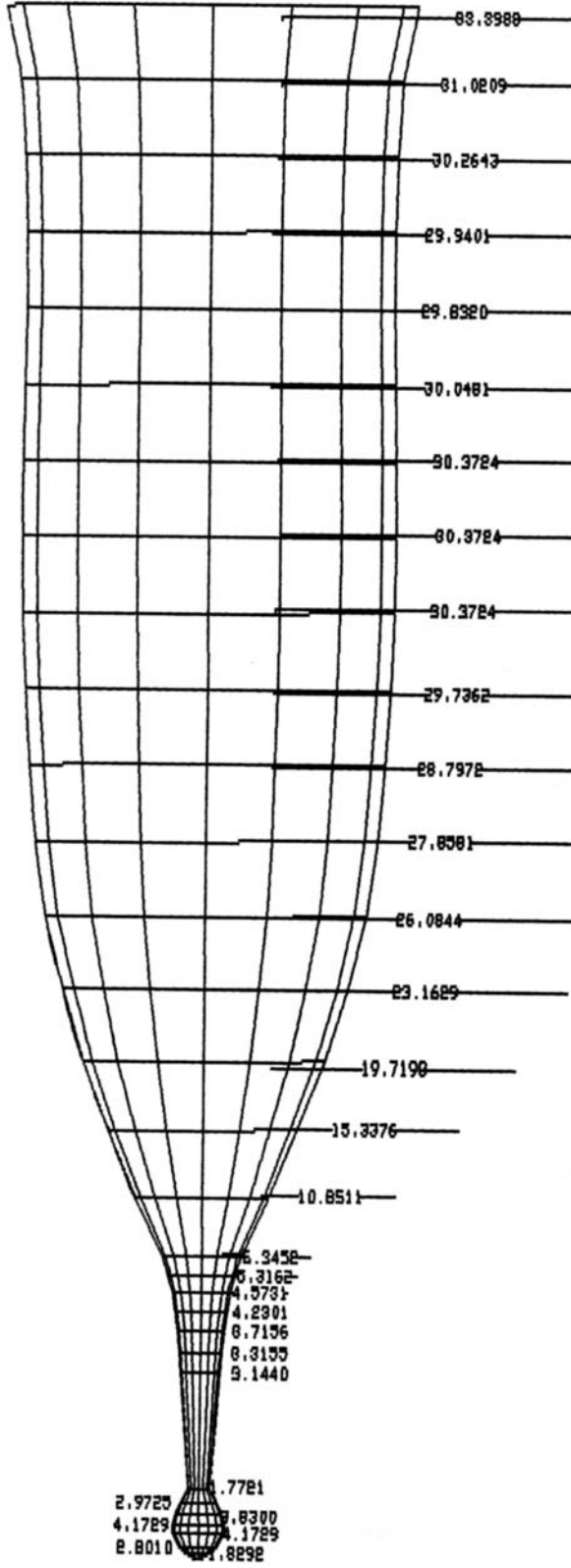
Ölçüm	Çap 1	Çap 2	Yükseklik	Hacim	Yüzey
1	33,9988	31,0209	4,9848	4061,551	732,9863
2	31,0209	30,2643	5,2063	3837,709	710,3018
3	30,2643	29,9401	5,2063	3703,39	696,2776
4	29,9401	29,832	5,2063	3650,365	690,9804
5	29,832	30,0481	5,2063	3663,58	692,3407
6	30,0481	30,3724	5,2063	3730,024	698,7771
7	30,3724	30,3724	5,2063	3761,453	701,3939
8	30,3724	30,3724	5,2063	3770,136	702,1872
9	30,3724	29,7362	5,1897	3679,945	693,9174
10	29,7362	28,7972	5,1973	3494,879	678,205
11	28,7972	27,8581	5,1973	3274,223	656,4447
12	27,8581	26,0844	5,0818	2902,992	617,8426
13	26,0844	23,1629	4,9663	2366,555	566,0407
14	23,1629	19,719	4,9663	1796,07	500,4644
15	19,719	15,3376	4,7353	1148,027	406,1124
16	15,3376	10,8511	4,6198	627,8974	298,6225
17	10,8511	6,3452	3,9268	223,1018	172,8539
18	6,3452	5,3162	1,3531	36,20484	37,48163
19	5,3162	4,5731	1,1766	22,62487	27,09254
20	4,5731	4,2301	1,2943	19,69452	25,51935
21	4,2301	3,7156	1,3531	16,78844	24,29892
22	3,7156	3,3155	1,471	24,291366	23,17554
23	3,3155	3,144	1,4121	11,56578	20,28982
24	3,144	1,7721	7,8255	38,07965	85,74514
25	1,7721	2,9725	1,0003	4,513445	12,28903
26	2,9725	3,83	0,8826	8,057586	14,82017
27	3,83	4,1729	0,7061	8,880478	12,91122
28	4,1729	4,1729	0,5295	7,237883	9,811797
29	4,1729	2,801	0,9414	9,101262	18,03607
30	2,801	1,8292	0,359	1,532619	6,210818
31	1,8292	0	0,353	0,309061	3,981627
Total				49900,78	10537,41227

Tablo 4. *T. campanula* hacim ve yüzey sonuçları.

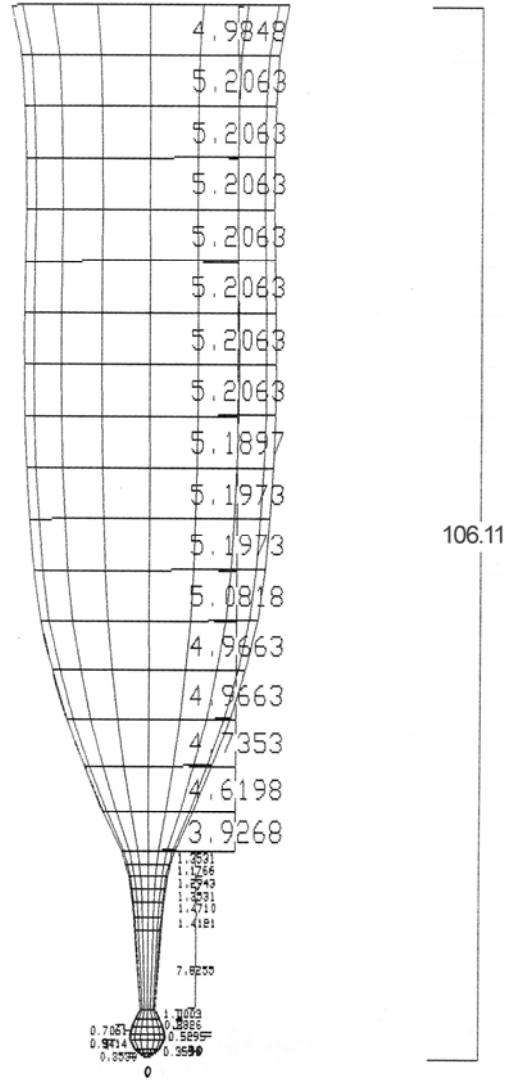
Ölçüm	Çap 1	Çap 2	Yükseklik	Hacim	Yüzey	Ölçüm	Çap 1	Çap 2	Yükseklik	Hacim	Yüzey
1	44,5615	44,0758	2,7562	4249,695	544,5292	1	187,0591	182,1944	6,3134	168945,7759	5546,9607
2	44,0758	43,7116	2,6727	4042,283	522,1589	2	182,1944	164,132	4,5096	106245,9724	7762,209312
3	43,7116	43,4687	2,5057	3737,46	485,5921	3	164,132	152,7449	5,8624	115572,1458	5749,661039
4	43,4687	43,7116	2,3386	3488,216	453,2875	4	152,7449	139,7871	7,6662	128831,0415	6519,339399
5	43,7116	44,0758	2,3386	3536,978	457,2096	5	139,7871	132,3265	4,5096	65547,62944	3535,945168
6	44,0758	45,1686	2,1716	3394,479	443,716	6	132,3265	123,2954	9,4701	121490,1325	5954,606709
7	45,1686	46,8685	2,2551	3749,304	492,4779	7	123,2954	118,1908	7,6662	87748,38369	4332,246891
8	46,8685	49,2969	2,1716	3942,026	531,2308	8	118,1908	112,3009	14,4306	150487,0593	7537,280549
9	49,2969	51,6039	2,0045	4005,72	518,1179	9	112,3009	102,0917	9,4701	85489,33826	5121,128619
10	51,6039	52,9396	2,3386	5016,297	564,5361	10	102,0917	101,3064	15,3325	124485,4461	6926,548481
11	52,9396	54,0323	2,4221	5439,465	589,73	11	101,3064	101,699	14,8815	120357,2057	6708,211232
12	54,0323	54,518	2,5892	6987,426	626,7772	12	101,699	102,4844	16,2344	132827,7794	7362,042923
13	54,518	54,419	2,5892	6030,123	626,3758	13	102,4844	101,7809	21,9239	179522,2932	9944,499918
14	54,419	53,802	2,6952	6194,816	651,844	14	101,7809	95,6846	22,8568	174962,7149	10109,95506
15	53,802	52,8148	2,6952	6012,628	648,6269	15	95,6846	95,6846	11,1952	80461,03313	4756,840047
16	52,8148	51,5808	2,6952	5764,813	640,8843	16	95,6846	90,3835	10,7287	72915,2049	4665,606698
17	51,5808	49,9766	2,6243	5312,297	618,775	17	90,3835	76,8658	9,3293	51325,35767	4278,028723
18	49,9766	48,2491	2,5534	4835,301	587,8749	18	76,8658	65,4684	5,5976	22302,69248	2524,425319
19	48,2491	46,3981	2,4115	4240,019	542,8084	19	65,4684	52,2157	5,1311	14005,14796	2189,85064
20	46,3981	44,3003	2,1987	3550,196	490,5749	20	52,2157	44,7942	5,5976	10358,3378	1446,546561
21	44,3003	42,0791	2,0569	3012,582	448,3228	21	44,7942	44,7942	9,3293	14694,75281	1855,732994
22	42,0791	37,7601	3,2709	1095,743	694,7969	22	44,7942	38,6979	8,3964	11507,06774	1655,908411
23	37,7601	29,2121	4,3403	3841,231	905,789	23	38,6979	35,2522	6,0641	6512,799892	1035,084148
24	29,2121	19,9109	3,7113	1778,544	648,9517	24	35,2522	29,4444	7,4635	6147,239843	1150,399345
25	19,9109	14,3405	3,208	745,097	323,0834	25	29,4444	27,703	9,3293	5981,169047	1188,894829
26	14,3405	11,7734	2,0758	278,6989	141,5076	26	27,703	22,0041	7,9299	3862,00595	929,9732257
27	11,7734	10,2685	1,8946	180,9253	99,76661	27	22,0041	18,2048	6,997	2226,673242	647,2798882
28	10,2685	8,9407	1,8461	133,8981	83,67376	28	18,2048	16,3052	8,8629	2073,546795	682,9911524
29	8,9407	7,8784	1,9432	108,0213	75,2283	29	16,3052	16,3052	8,8629	1849,684964	641,7215522
30	7,8784	6,4621	2,089	84,58365	70,23249	30	16,3052	12,3476	5,5976	907,6088493	377,7058698
31	6,4621	4,9572	2,3804	61,26966	63,29723	31	12,3476	8,5484	6,5305	565,7722943	315,5450897
32	4,9572	2,3016	2,6719	28,86127	48,08678	32	8,5484	0	3,2353	62,43687548	102,0894775
33	2,3016	0	1,506	2,087531	9,685798	Total				2070271,45	123555,26
Total				104881,0847	14649,54977						

Tablo 5. D. ganymedes'e ait birey hacim ve yüzey hesap sonuçları.

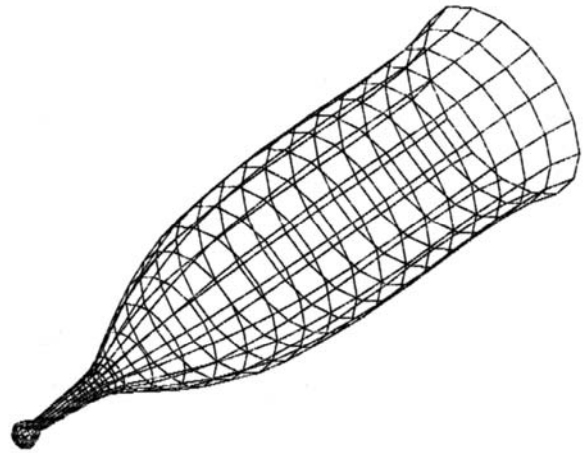
Sıra No	h (μ)	D (μ)	d (μ)	Hacim (μ ³)	Yüzey (μ ²)
1	0,1312	0,8694	0,8087	0,072575	0,35497
2	0,1334	0,8087	0,7859	0,066607	0,335357
3	0,1356	0,7859	0,7764	0,064987	0,332974
4	0,1356	0,7764	0,7764	0,064198	0,330746
5	0,1334	0,7783	0,7764	0,063311	0,325787
6	0,1351	0,7869	0,7783	0,064987	0,332327
7	0,1351	0,7885	0,7869	0,065837	0,334329
8	0,1351	0,7885	0,7836	0,065561	0,333677
9	0,1351	0,7836	0,7706	0,064078	0,330205
10	0,1351	0,7706	0,7501	0,061348	0,323642
11	0,1333	0,7501	0,723	0,056803	0,310038
12	0,1333	0,723	0,6768	0,051304	0,297469
13	0,1288	0,6768	0,6004	0,041303	0,269527
14	0,1288	0,6004	0,5134	0,031437	0,237847
15	0,122	0,5134	0,3978	0,019996	0,193226
16	0,122	0,3978	0,2822	0,011183	0,144198
17	0,1016	0,2822	0,1667	0,004109	0,082406
18	0,0364	0,1667	0,1406	0,000677	0,018666
19	0,0294	0,1406	0,1208	0,00395	0,012738
20	0,0341	0,1208	0,1085	0,000352	0,01248
21	0,0352	0,1085	0,0972	0,000293	0,011519
22	0,0399	0,09772	0,0899	0,000274	0,011775
23	0,0352	0,0899	0,0817	0,000204	0,009552
24	0,2044	0,0817	0,0469	0,00068	0,041439
25	0,025	0,079	0,0469	0,00079	0,005875
26	0,0233	0,099	0,079	0,000146	0,007089
27	0,0179	0,1112	0,099	0,000155	0,006244
28	0,0149	0,1112	0,1112	0,000145	0,005205
29	0,0238	0,1112	0,0798	0,000172	0,008554
30	0,0095	0,0798	0,0502	0,000321	0,003591
31	0,0089	0,0502	0	0,000587	0,0021
Total				0,87837	5,025552
Total Hacim (μ ³)					
Total Yüzey (μ ²)					



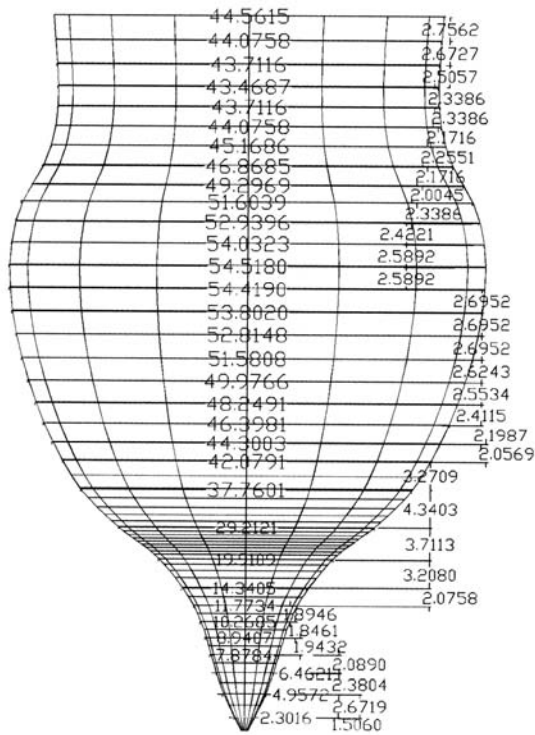
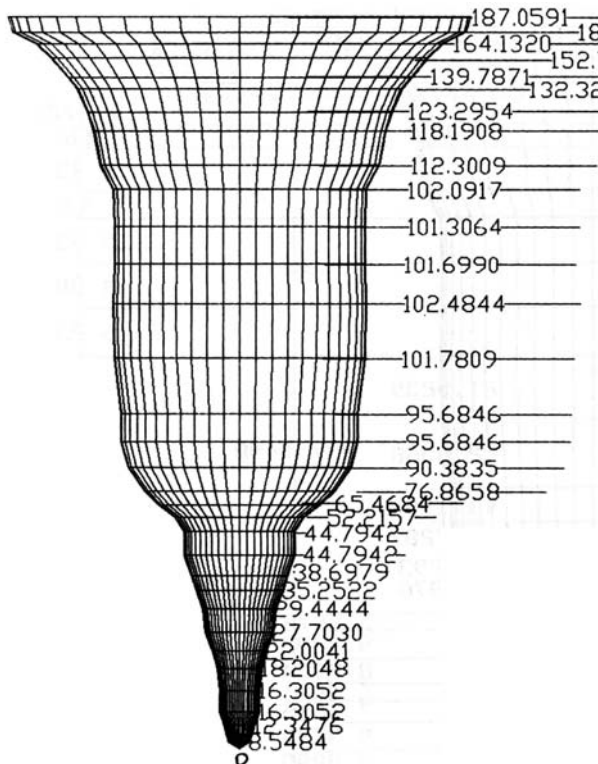
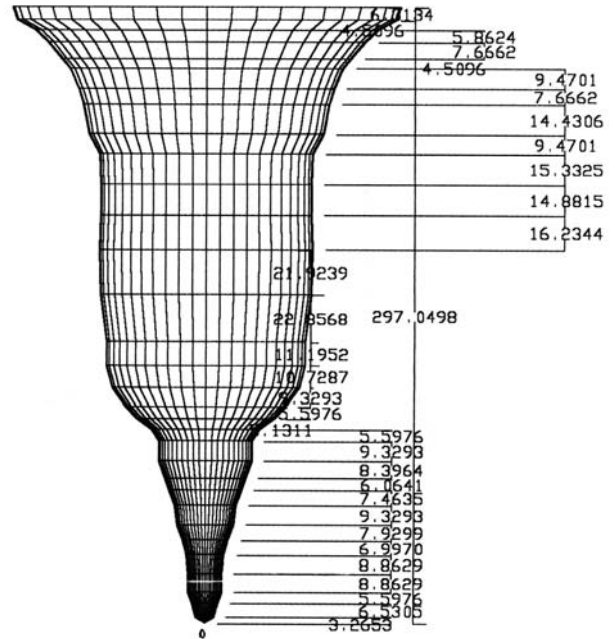
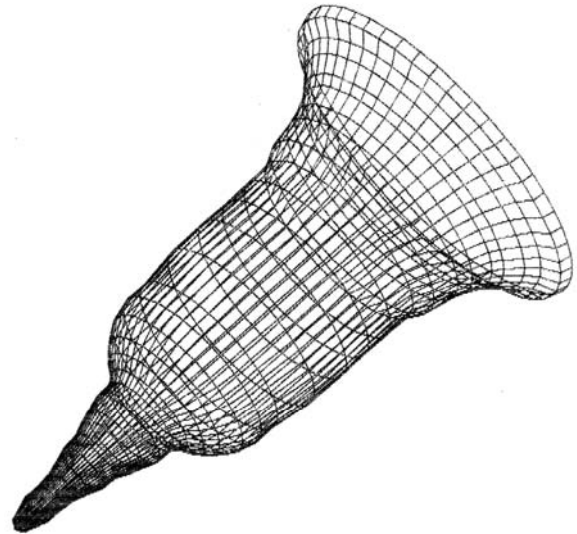
Şekil 3. D. ganymedes çap ölçümleri



Şekil 4. D. ganymedes yükseklik ölçümleri



Şekil 5. D. ganymedes 3 boyutlu bilgisayar çizimi

Şekil 6. *M. jörgensenii* çap ölçümleriŞekil 7. *T. campanula* çap ölçümleriŞekil 8. *T. campanula* yükseklik ölçümleriŞekil 9. *T. campanula* 3 boyutlu çizimi

Sonuçlar ve Tartışma

ACAD bilgisayar programıyla yükseklikleri ve çapları ölçülmüş bilateral simetrik planktonik organizmaların mikron cinsinden hacimlerinin ve yüzeylerinin kolayca hesaplanabilmesi, denizlerde bol bulunan bu organizmaların biyo-kütle hesaplarında araştırmacıların işini büyük ölçüde kolaylaştıracaktır. Bu çalışmalardan elde edilen verilerle ekolojik modellemelerde kullanılmak üzere doğadakinine daha yakın ve daha doğru biyo-kütle hesapları yapılabilecektir.

Kaynakça

- Kovala P.B., J.D. Larrance (1966): Computation of Phytoplankton Cell Numbers, Cell Volume, Cell Surface and Plasma Volume Per Liter from Microscopical Counts. National Science Foundation, U.S. Fish and Wildlife Service U.S. Atomic Energy Commission, Special Report No. 38.
- Ergen, Z. (1967): The main planktonic organisms found in the bay of Izmir, E.Ü. Fen Fak. İlmî Rap. Ser., 47, 1-27
- Koray, T., İ. Özel (1983): Species of the Sub-order *Tintinnoinea* in Izmir Bay and their salinity and temperature dependent distribution. Rapp. Comm. int. Mer. Medit., 28(9):123-124.
- Kocataş, A., Ergen, Z., Mater, S., Özel, İ., Katağan, T., Koray, T., Büyükkışık, B., (1984): Les effets de la pollution sur les ecosystemes benthiques et pelagiques dans le Golfe d'Izmir. Rapp. Comm. int. Mer. Medit., 689-698.
- Koray, T. (1984): The occurrence of red-tides and causative organisms in Izmir Bay. E.U.F.F. Journal, Ser. B, 1(6):75-83.
- Ölçüm, R., Gökpinar, Ş. (1997): Local and seasonal variations of cell volumes of some diatom species in the bay of Izmir. (in Turkish). Su Ürünleri Dergisi, 14(1-2): 37-46
- Yurga, L., (1999): İzmir Körfezi'ndeki Oligotrofik ve Ötrofik Zonlarında Mikroplankton Boy Dağılımı Spektrumlarının Karşılaştırılması. Doktora Tezi. E.Ü. Su Ürünleri Temel Bilimler Anabilimdalı, Bilim kodu: 504.02.01, Sunuş tarihi: 05.04.1999.
- Koray, T. (2002) Marine Phytoplankton. (in Turkish). Ege Üniversitesi Basımevi, 228 sayfa.
- Üstsoy, E., E.S. Solmazoğlu, D.S.Aldağ, T.Koray (2004); Birincil Üretimde Enerjiye Dönüşebilen Karbon Miktarının Hesaplanmasında Alternatif Bir Yöntem. EÜ Su Ürünleri Dergisi, 2004. Cilt 21, Sayı 3-4. S339-342.