

2009 Ekim

GENEL BİLGİLER

00

M. Güven KUTAY

2010 Eylül

2012-11-08/Ku

Değiştirilen yerlerin satır sonuna dik çizgi çekildi.

İÇİNDEKİLER

1	Birimler ve birimlerin çevirisи	5
2	Alanlar ve ağırlık merkezleri	12
2.1	Üçgen	12
2.2	Dörtgen	13
2.3	Kirişler dörtgeni	13
2.4	Teğetler dörtgeni	13
2.5	Yamuk	13
2.6	Paralel kenar (Rhomboïd)	14
2.7	Eşkenar dörtgen (Rhombus):	14
2.8	Dikdörtgen	14
2.9	Kare	14
2.10	Düzenli eşkenar çokgen	15
2.11	Daire	15
2.12	Daire yayı	16
2.13	Daire Kesiti	16
2.14	Daire Dilimi	16
2.15	Düzlem halka parçası	17
2.16	Daire Halkası (Düzlem yuvarlak halka)	17
2.17	Kesik koninin açınızı	17
2.18	Elips	17
3	Hacimler ve ağırlık merkezleri	18
3.1	Küp	18
3.2	Dikdörtgen prizma	18
3.3	Prizma	18
3.4	Üçgen prizma	18
3.5	Piramit	19
3.6	Kesik Piramit	19
3.7	Kesik Dikdörtgen Piramit (Obelisk)	19
3.8	Kama	19
3.9	Silindir, tabanı daire	20
3.10	Silindir, tabanı elips	20
3.11	Silindir, tabanı daire ve kesik	20
3.12	Silindir, kaval, boru	20
3.13	Silindir kesiti, Silindir kama	21
3.14	Birbirini kesen iki Silindir	21
3.15	Koni	21
3.16	Koni, kesik	22
3.17	Küre	22
3.18	Küre, içi boş	22
3.19	Küre kapağı	22
3.20	Küre dilimi	23
3.21	Küreden disk parçası	23
3.22	Küreden karpuz dilimi	23
3.23	Elipsoid, iki kesitte elips	23
3.24	Elipsoid, Dönen elips dik kesit daire	24
3.25	Paraboloid, yz - ve xy -kesiti parabol	24
3.26	Paraboloid, dönen parabol, dik kesit daire	24
3.27	Paraboloid diski	24
4	Profiller	25
4.1	Boru	25
4.2	Yuvarlak profil	27

4.3	Standart I-Profil, NPI-Profilı	28
4.4	Geniş kuşaklı standart IPB-Profilı	29
4.5	Dar kuşaklı standart IPE-Profilı	30
4.6	Standart Köşebent	31
4.7	L-Profilı	32
4.8	U – profili	33
5	Çeşitli formüller	34
5.1	Kama	34
5.2	Eğik düzlem	35
5.3	Kaygan yatak, radyal	35
5.4	Kaygan yatak, göbek yüksekliği	35
5.5	Kaygan yatak, eksenel	35
5.6	Yuvarlanma direnci	36
5.7	Makarada sürtünme kuvveti	36
5.8	Palangalar	36
5.8.1	Sabit makarada çekme kuvveti	36
5.8.2	Hareketli makarada çekme kuvveti	37
5.8.3	Çok makaralı palanga	37
5.9	Fren veya Kaldırıç	37
5.9.1	Dayanma noktası sürtünme düzleminin üstünde	37
5.9.2	Dayanma noktası sürtünme düzleminin altında	37
5.9.3	Dayanma noktası sürtünme düzleminle aynı	38
5.9.4	Basit fren	38
5.9.5	Toplamalı fren	38
5.9.6	Çıkarmalı fren	38
5.9.7	Sürtünme katsayısının bulunması	39
5.10	Çıkrıklar	39
5.10.1	Çıkrık, basit	39
5.10.2	Çıkrık, dişli sistemli	39
6	Çeşitli kesittlerin alanı, eğilme atalet ve mukavemet momentleri	40
6.1	Üçgen	40
6.2	Rombus	40
6.3	Dikdörtgen	40
6.3.1	Dikdörtgen, ortası boş	40
6.4	Kare	41
6.4.1	Kare, içi boş, kaval kare	41
6.4.2	Kare, içi yuvarlak boş	41
6.5	Altıgen, altıköşe	41
6.6	Sekizgen, Sekizköşe	41
6.7	Yamuk	42
6.8	Daire	42
6.8.1	Daire yarım	42
6.8.2	Daire içi boş, Boru kesiti	42
6.8.3	Daire yarım içi boş, Boru kesiti, yarım	42
6.8.4	Daire dik delikli	43
6.8.5	Daire çeyrek	43
6.8.6	Daire dilimi	43
6.8.7	Daire kesiti kırışten	43
6.8.8	Daire ile dikkenar arası parça, Köşe dikişi	44
6.9	Elips	44
6.9.1	Elips, kaval, içi boş	44
6.9.2	Elips, yarım	44
6.9.3	Elips, çeyrek	44
6.9.4	Elipsle dik kenarlar arasında kalan parça	45
6.10	Parabol	45
6.10.1	Parabol, yarım	45

6.10.2	Yarım parabolle dik kenarlar arasında kalan parça	45
6.10.3	Tam parabolle dik kenarlar arasında kalan parça	45
6.11	Çeşitli profiller	46
7	Çeşitli kesittlerin torsiyon atalet ve mukavemet momentleri	47
7.1	Daire	47
7.1.1	Daire içi boş, Boru kesiti	47
7.1.2	Kamalı mil kesiti	47
7.1.3	mil	47
7.2	Elips	47
8	Çeşitli malzemenin sürtünme katsayısı	49
9	Bir evrakin belgelenmesi	51
10	Hesaplama sistemi	52
10.1	Kesit yöntemi için örnekler	53
10.1.1	İlk belirleme; Hesaplanacak kesitin tanımlanması	53
10.1.2	Sistemi etkileyen "F" kuvvetini eksenlere göre F_x , F_y ve F_z bileşenlerine ayrılması	53
10.1.3	Bütün dış kuvvetlerin ağırlık merkezi veya nötr eksenine getirilmesi	53
10.1.4	Çeşitli kesitlerde Hesaplama	56
10.1.4.1	Dolu kesit hesaplaması	56
10.1.4.2	Kaval kesit	57
10.1.4.2.1	Kapalı form	57
10.1.4.2.2	Açık form	58
10.1.4.3	Adacıklar konstrüksyonunun hesaplanması	59
10.1.4.3.1	Normal kuvvet ve normal kuvvetten doğan eğilme momenti	59
10.1.4.3.2	Çapraz kuvvet ve çapraz kuvvetten doğan torsiyon momenti	60
10.2	Konu İndeksi	61

1 Birimler ve birimlerin çevirisi

Tablo.1, Eski Yunan alfabesi

A	α	a	Alfa	I	i	j	Yota	P	ρ	r	Ro
B	β	b	Beta	K	κ	k	Kapa	S	σ	s	Sigma
G	γ	c	Gamma	L	λ	l	Lamda	T	τ	t	Tau
D	δ	d	Delta	M	μ	m	Mü	Y	υ	y	İpsilon
E	ε	e	Epsilon	N	v	n	Nü	F	ϕ	f	Fi
Z	ζ	z	Zeta	X	ξ	x	Ksi	X	χ	h	Hi
H	η	e	Eta	O	o	O	Omkron	Ψ	ψ	psi	Psi
θ	ν	th	Teta	P	π	p	Pi	W	ω	o	Omega

Tablo.2, Romen rakkamları

1	I	2 = II	3 = III				
5	V	4 = IV	6 = VI	7 = VII	8 = VIII		
10	X	9 = IX	11 = XI	12 = XII	13 = XIII	14 = XIV	16 = XVI
50	L	40 = XL	51 = LI	60 = LX	64 = LXIV	70 = LXX	80 = LXXX
100	C	90 = XC	91 = XCI	110 = CX	109 = CIX	150 = CL	190 = CXC
500	D	400 = CD	450 = LD	460 = LDX	490 = XD	501 = DI	800 = DCCC
1000	M	900 = CM	950 = CML	990 = CMXC	999 = CMXCIX	1100 = MC	2000 = MM

Göründüğü gibi Mısırlılar “0 = Sıfır”ı bilmemektedirler. Avrupa sıfırı Araplardan, Araplarda Hindistan’dan öğrenmiştir.

Tablo.3, Fiziki temel büyüklükler ve SI-Temel birimleri

Temel büyüklükler	Temel birimler	
	Tanımı	Sembolü
Uzunluk	metre	m
Kütle	kilogram	kg
Zaman	saniye	s
Elektrik akımı kuvveti	Amper	A
İş (termodinamik)	Kelvin	K
İşık kuvveti	Candela	cd
Malzeme miktarı	Mol	mol

Tablo.4, Birimlerde ön taki

Adı	Ön takı > 1			Ön takı < 1			
	Sembolü	kuvvet	Sayı adı	Adı	Sembolü	kuvvet	Sayı adı
deka	da	10	on	desi	d	10^{-1}	onda bir
hekto	h	10^2	yüz	santi	c	10^{-2}	yüzde bir
kilo	k	10^3	bin	milî	m	10^{-3}	binde bir
Mega	M	10^6	milyon	mikro	ì	10^{-6}	milyonda bir
Giga	G	10^9	milyar	nano	n	10^{-9}	milyarda bir
Tera	T	10^{12}	bilyon	piko	p	10^{-12}	bilyonda bir
Peta	P	10^{15}	bilyar	femto	f	10^{-15}	bilyarda bir
Eksa	E	10^{18}	trilyon	atto	a	10^{-18}	trilyonda bir

Çok kullanılan büyük sayılar: Milyon 10^6 , Milyar 10^9 , Bilyon 10^{12} , Bilyar 10^{15}

Amerikada (USA) ; $10^9 = 1$ Bilyon ; $10^{12} = 1$ Trilyon

Tablo.5, Sık kullanılan birimler

Tanımı ve formülde gösterilişi (alfabetik sıraya göre)		SI-Birim	Birim	Diğer bağlantılar
açı	α β	Radyan	rad	$1 \text{ rad} = 1 \text{ m/m} = 1$ $1^\circ = \pi / 180 \text{ rad}$ $1 \text{ gon} = \pi / 200 \text{ rad}$
açışal hız	ω	radyan bölümü saniye	rad/s	$1/\text{s} = \text{s}^{-1}$
alan	A	metrekare	m^2	$1\text{a} = 10^2 \text{ m}^2 = 100 \text{ m}^2$ $1\text{ha} = 10^4 \text{ m}^2 = 10\,000 \text{ m}^2$
basınç	p	Newton bölümü metrekare	N/m^2	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$ $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ N/m}^2$
devir sayısı, frekansı	n	bir bölümü saniye	1/s	$1/\text{dak} = 1/(60 \text{ s})$
enerji	W	Joule	j	$1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ j}$ $1 \text{ j} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ Ws} = 1 \text{ kgm}^2/\text{s}^2$
frekans	f	Hertz	Hz	$1 \text{ Hz} = 1/\text{s} = \text{s}^{-1}$
gerilme (mukavemette)	σ, τ	Newton bölümü metrekare	N/m^2	$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$
gerinme	ε	metre bölümü metre	m/m	pratikte [%] ile gösterilir
güç	P	Watt	W	$1 \text{ kW} = 10^3 \text{ W}$
hacim	V	metre küp	m^3	$1 \text{ l} = 1 \text{ dm}^3 = 10^{-3} \text{ m}^3$
hız	v	metre bölümü saniye	m/s	$1 \text{ km/h} = 1/3,6 \text{ m/s}$
iş	W	Joule	j	$1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ j}$ $1 \text{ j} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ Ws} = 1 \text{ kgm}^2/\text{s}^2$
ivme, yer çekimi ivmesi	a,g	metre bölümü saniyenin karesi	m/s^2	$1 \text{ g} \approx 9,81 \text{ m/s}^2$
ısı	T	Kelvin	K	$1^\circ\text{C} = 1 \text{ K}$
ısı tutarı	W	Joule	j	$1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ j}$ $1 \text{ j} = 1 \text{ Nm} = 1 \text{ Ws} = 1 \text{ kgm}^2/\text{s}^2$
kütle	m	Kilogram	kg	$1 \text{ g} = 10^{-3} \text{ kg}$, $1 \text{ t} = 10^3 \text{ kg}$
kuvvet	F	Newton	N	$1 \text{ N} = \text{m g} = 1 \text{ kgm/s}^2$
moment	M	Newton metre	Nm	$1 \text{ Nm} = 1 \text{ j} = 1 \text{ Ws}$
özgül ağırlık	ρ	kilogram / metreküp	kg/m^3	$1 \text{ kg/dm}^3 = 10^{-3} \text{ kg/m}^3$
uzunluk	l	metre	m	$1 \text{ mm} = 10^{-3} \text{ m}$
viskozite (dinamik)	η	Paskal saniye	Pas	$1 \text{ Pas} = 1 \text{ Ns/m}^2 = 1 \text{ kg/(sm)}$
Viskozite (kinematik)	ν	metre kare bölümü saniye	m^2/s	
yol	s,f	metre	m	$\mu\text{m} = 10^{-6} \text{ m}$, mm, cm, km
zaman	t	saniye	s	$1 \text{ dak} = 60 \text{ s}$, $1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$ $1 \text{ g (gün)} = 86\,400 \text{ s}$ $1 \text{ a (sene)} = 31,536 \cdot 10^6 \text{ s}$

Tablo.6, Birim sistemleri , SI-(MKS), CGS, m kps ve fps sistemleri

Tanımı		SI (MKS)	CGS	m kp s	f p s
açı		rad	rad	rad	rad
açışal hız	ω	rad/s ⁻¹	rad/s ⁻¹	rad/s ⁻¹	rad/s ⁻¹
alan	A	m ²	cm ²	m ²	ft ²
basınç (Pascal)	p	Pa=N/m ² = kg/(ms ²)	g/(cms ²)	kp/m ² = 10 ⁻⁴ at	lb/ft ²
devir sayısı	n	s ⁻¹	s ⁻¹	s ⁻¹	s ⁻¹
enerji	W	J = Nm = kgm ² /s ²	erg = g cm ² /s ²	kpm =kcal/427	lbf ft =1,285 btu
frekans / açısal	f, ω	s ⁻¹	s ⁻¹	s ⁻¹	s ⁻¹
gerilme	σ,τ	N/m ²	dyn/cm ²	kp/m ²	lb/ft ²
gerinme	ε	%	%	%	%
güç	P	W=J/ = kgm ² /s ²	gcm ³ /s	kpm/s = PS/75	ftlb/s=1,815.10 ⁻³ hp
hacim	V	m ³	cm ³	m ³	ft ³
hız	v	m/s	cm/s	m/s	ft/s
iş	W	J=Nm = kgm ² /s ²	erg = g cm ² /s ²	kpm =kcal/427	lbf ft =1,285 btu
ivme, yer çekimi	a,g	m/s ²	cm/s ²	m ² /s ²	ft/s ²
ısı	T	K	°C	°C	deg F
ısı tutarı		J = Nm = kgm ² /s ²	erg = g cm ² /s ²	kpm =kcal/427	lbf ft =1,285 btu
kütle	m	kg	g	kps ² /m	lb
kuvvet	F	N = kgm/s ²	dyn = gcm/s ²	kp	pdl=0,31081 lbf
moment	M	Nm	dyn cm	kpm	lb ft
özgül ağırlık	ρ	kg/m ³	g/cm ³	kps ² /m ³	lb/ft ³
uzunluk	L	m	cm	m	ft
viskozite, din.	η	Pas = kg/(ms)	P = g /(cms)	kps/m ² =9,81 P	lb/(fts)
viskozite, kine.	v	m ² /s	cm ² /s	m ² /s = 10 ⁻⁴ St	ft ² /s
yol	s	m	cm	m	ft
zaman	t	s	s	s	s

atm ≡	atmosphere (atmosfer)	ft ≡	foot	lbf ≡	pound force
btu ≡	British termal unit	gal ≡	gallon	pdl ≡	poundel
cwt ≡	hundredweight	hp ≡	horsepower	yd ≡	yard
cal ≡	calorie (kalori)	in ≡	inch	UK ≡	United Kingdom
degF ≡	degree Fahrenheit	lb ≡	pound	US ≡	Uneited States of Amerika
in/s ≡	inch per second	in ² ≡	square inch	in ³ ≡	cubic inch
f p s - system ≡ foot pound second – system					

Tablo.7, f p s birimlerinin SI-sistemine çevrilmeleri

Tanımı	f p s	SI (MKS)
alan	$1 \text{ ft}^2 = 144 \text{ in}^2$	$1 \text{ ft}^2 = 0,092903 \text{ m}^2$
basınç	$1 \text{ lb}/\text{ft}^2 = 6,9444 \cdot 10^{-3} \text{ lb}/\text{in}^2$ $1 \text{ lb}/\text{in}^2 = 0,068046 \text{ atm}$ $1 \text{ atm} = 29,92 \text{ in Hg} = 33,90 \text{ ft water}$	$1 \text{ lb}/\text{ft}^2 = 47,88 \text{ N}/\text{m}^2$ $1 \text{ lb}/\text{in}^2 = 6894,76 \text{ N}/\text{m}^2$ $1 \text{ atm} = 1,01325 \text{ bar}$
güç	$1 \text{ ft lb/s} = 1,8148 \cdot 10^{-3} \text{ hp}$ $1 \text{ ft lb/s} = 1,28182 \cdot 10^{-3} \text{ btu/s}$	$1 \text{ ft lb/s} = 1,35334 \text{ W}$
hacim	$1 \text{ ft}^3 = 1728 \text{ in}^3 = 6,2282 \text{ gal(UK)}$ $1 \text{ gal(US)} = 0,83268 \text{ gal(UK)}$	$1 \text{ ft}^3 = 0,0283169 \text{ m}^3$
hız	1 ft/s $1 \text{ knot} = 1,15767 \text{ mile/h} = 1,6877 \text{ ft/s}$	$1 \text{ ft/s} = 0,3048 \text{ m/s}$
iş	$1 \text{ ft lb} = 0,323832 \text{ cal}_{\text{IT}}$ $1 \text{ btu} = 252 \text{ cal}_{\text{IT}} = 778,21 \text{ ft lb}$	$1 \text{ ft lb} = 1,35582 \text{ J}$ $1 \text{ btu} = 1,05506 \text{ kJ}$
ivme	1 ft/s^2	$1 \text{ ft/s}^2 = 0,3048 \text{ m/s}^2$
ısı	$32 \text{ deg F} = 0^\circ \text{C}$; $212 \text{ deg F} = 100^\circ \text{ C}$	$1 \text{ deg F} = 0,5556^\circ \text{C}$
ısı , özgül ısı kapasitesi	$1 \text{ btu} / (\text{lb deg F})$	$1 \text{ btu}/(\text{lb deg F}) = 4,1868 \text{ kJ}/(\text{kg K})$
ısı , ısı iletme özelliği	$1 \text{ btu} / (\text{ft h deg F})$	$1 \text{ btu}/(\text{ft h deg F}) = 1,7306 \text{ W}/(\text{m K})$
ısı , ısı iletme sayısı	$1 \text{ btu} / (\text{ft}^2 \text{ h deg F})$	$1 \text{ btu}/(\text{ft}^2 \text{ h deg F}) = 5,6778 \text{ W}/(\text{m}^2 \text{ K})$
kütle	$1 \text{ lb} = \text{cwt}/112$ $1 \text{ slug} = 32,174 \text{ lb}$	$1 \text{ lb} = 0,453592 \text{ kg}$ $1 \text{ slug} = 14,5939 \text{ kg}$
kuvvet	1 lbf $1 \text{ pdl} = 0,031081 \text{ lbf}$	$1 \text{ lbf} = 4,44822 \text{ N}$ $1 \text{ pdl} = 0,138255 \text{ N}$
özgül ağırlık	$1 \text{ lb}/\text{ft}^3 = 5,78704 \cdot 10^{-4} \text{ lb}/\text{in}^3$ $1 \text{ lb/gal} = 6,2282 \text{ lb}/\text{ft}^3$	$1 \text{ lb}/\text{ft}^3 = 16,0185 \text{ kg}/\text{m}^3$ $1 \text{ lb/gal} = 99,7633 \text{ kg}/\text{m}^3$
uzunluk	$1 \text{ ft} = 1 \text{ yd}/3 = 12 \text{ in}$	$1 \text{ ft} = 0,3048 \text{ m}$
viskozite, dinamik	$1 \text{ lb}/(\text{ft s})$	$1 \text{ lb}/(\text{ft s}) = 1,48816 \text{ kg}/(\text{ms})$
viskozite, kinematik	$1 \text{ ft}^2/\text{s}$	$1 \text{ ft}^2/\text{s} = 0,092903 \text{ m}^2/\text{s}$

atm ≡ atmosphere (atmosfer)	ft ≡ foot	lbf ≡ pound force
btu ≡ British termal unit	gal ≡ gallon	pdl ≡ poundel
cwt ≡ hundredweight	hp ≡ horsepower	yd ≡ yard
cal ≡ calorie (kalori)	in ≡ inch	UK ≡ United Kingdom
degF ≡ degree Fahrenheit	lb ≡ pound	US ≡ Uneited States of Amerika
in/s ≡ inch per second	in ² ≡ square inch	in ³ ≡ cubic inch
f p s - system ≡ foot pound second – system		

Tablo.8, Çeşitli kuvvet birimleri

	N	p	kp	Mp(t)	dyn
1 N	1	102	$102 \cdot 10^{-3}$	$102 \cdot 10^{-6}$	10^5
1 p	$9,81 \cdot 10^{-3}$	1	10^{-3}	10^{-6}	981
1 kp	9,81	10^3	1	10^{-3}	$9,81 \cdot 10^5$
1 MP (t)	$9,81 \cdot 10^3$	10^6	10^3	1	$9,81 \cdot 10^8$
1 dyn	10^{-5}	$1,02 \cdot 10^{-3}$	$1,02 \cdot 10^{-6}$	$1,02 \cdot 10^{-9}$	1

Tablo 9, Çeşitli gerilme birimleri

	N/mm ²	Pa	kN/m ²	kp/cm ²	kp/mm ²
1 N/mm ²	1	10^6	10^3	10,2	0,102
1 Pa	10^{-6}	1	10^{-3}	$1,02 \cdot 10^{-6}$	$102 \cdot 10^{-9}$
1 kN/m ²	10^{-3}	10^3	1	$1,02 \cdot 10^{-3}$	$1,02 \cdot 10^{-6}$
1 kp/cm ²	$9,81 \cdot 10^{-3}$	$9,81 \cdot 10^3$	98,1	1	0,01
1 kp/cm ²	9,81	$9,81 \cdot 10^6$	$9,81 \cdot 10^3$	100	1

Tablo 10, Çeşitli enerji, güç ve ısı birimleri

	W	kW	kcal/s	kcal/h	kpm/s	PS(BG)
1 W	1	10^{-3}	$239 \cdot 10^{-6}$	$860 \cdot 10^{-3}$	$102 \cdot 10^{-3}$	$1,36 \cdot 10^{-3}$
1 kW	10^3	1	$239 \cdot 10^{-3}$	860	102	1,36
1 kcal/s	$4,19 \cdot 10^3$	4,19	1	3600	427	5,69
1 kcal/h	1,16	$1,16 \cdot 10^{-3}$	1/3600	1	$119 \cdot 10^{-3}$	$1,58 \cdot 10^{-3}$
1 kpm/s	9,81	$9,81 \cdot 10^{-3}$	$2,34 \cdot 10^{-3}$	8,43	1	$13,3 \cdot 10^{-3}$
1PS(BG)	736	$736 \cdot 10^{-3}$	0,176	632	75	1

Tablo 11, Gaz, buhar ve sıvılarda basınç birimleri

	bar	Pa	kp/m ²	at
1 bar = 0,1 MPa	1= 1000 mbar	102.10 ³	10,2.10 ³	1,02
1 Pa = 1 N/m ²	10 ⁻⁵	1	0,102	10,2.10 ⁻⁶
1 kp/m ²	0,981.10 ⁻⁶	9,81	1	10 ⁻⁴
1 at = 1 kp/cm ²	0,981	98,1.10 ³	9,81.10 ³	1

Tablo 12, Enerji, iş ve Isı birimleri

	J	kJ	kWh	kcal	PSh	kpm
1J=1Nm=1Ws	1	10 ⁻³	27,8.10 ⁻⁶	23,9.10 ⁻³	37,7.10 ⁻⁶	0,102
kJ = 1 kWs	10 ³	1	27,8.10 ⁻³	0,239	37,7.10 ⁻³	102
1 kWh	3,6.10 ⁶	3,6.10 ³	1	860	1,36	367.10 ³
1 kcal	4,19.10 ³	4,19	1,16.10 ⁻³	1	1,58.10 ⁻³	427
1 PSh(BGh)	2,65.10 ⁶	2,65.10 ³	0,736	632	1	27.10 ³
1 kpm	9,81	9,81.10 ⁻³	2,72.10 ⁻⁶	2,34.10 ⁻³	3,7.10 ⁻⁶	1

Tablo 13, Basınç ve basınç yüksekliği birimleri

	bar	mbar	μbar	Pa (N/m ²)
1 mm WS (Su sütunu) = 1 kp/m ² = 9,81 N/m ²	100	0,1	0,1.10 ⁻³ =10 ⁻⁴	9,81
1 m WS = 100 cm WS = 0,1 at 0,1 kp/cm ² = 0,981 N/cm ²	10 ⁵	100	0,1	9,81.10 ³
10 m WS = 1 at 1 kp/m ² = 9,81 N/cm ²	10 ⁶	10 ³	1	9,81.10 ³
1 mm Hg (cıva) = 1 Torr	1,33.10 ³	1,33	1,33.10 ⁻³	133

Yardımcı olarak çeşitli birimlerin çevirisisi için aşağıda verilmiş olan internet sitesine bakınız.

“Umaine Quick Conversion Factors”

<http://www.umeciv.maine.edu/ce/Features/convert.htm>

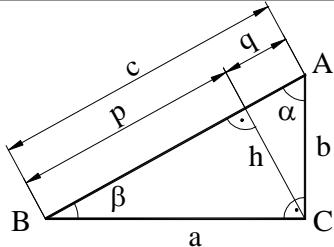
Tablo 14, Matematikteki işaretler

$+$	arti	\cong	yeye paralel
$-$	eksi	\dots	açı
$\cdot \times$	çarşı	\sim	üçgen
$: / \div$	böülü	Σ	limes (sınır değer)
$=$	eşit	Π	Δ iki değer farkı
\neq	eşit değil	$\sqrt{}$	d tam diferensiyal
$<$	den daha küçük	$\sqrt[n]{}$	δ kısmi diferensiyal
\leq	daha küçük veya eşit	$n!$	\int integral
$>$	den daha büyük	$ x $	log logaritma
\geq	daha büyük veya eşit	∞	ln tabii logaritma,
\approx	hemen hemen eşit	\rightarrow	e tabanına göre logaritma
\ll	den çok çok küçük	i, j	$e = 1+1/1!+1/2!+1/3!+\dots$
\gg	den çok çok büyük	\perp	lg 10 tabanına göre logaritma

Tablo 15, Çok kullanılan sayılar

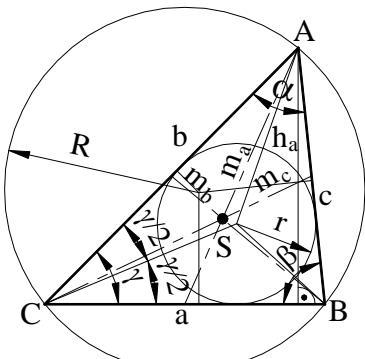
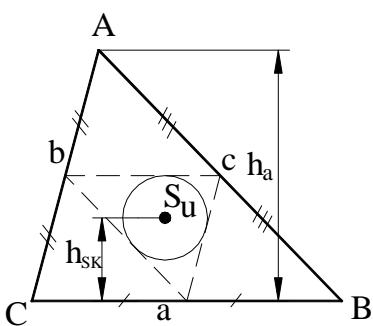
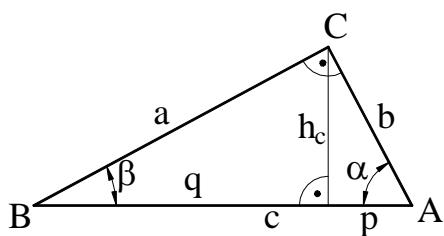
e	= 2,718282	$\ln 10$	= 2,302585	π	= 3,14159
e^2	= 7,389056	$1/\ln 10$	= 0,434294	$\sqrt{\pi}$	= 1,77245
$1/e$	= 0,367879	$\sqrt{2}$	= 1,41421	$1/\pi$	= 0,31831
$\lg e$	= 0,434294	$1/\sqrt{2}$	= 0,70711	π^2	= 9,86960
\sqrt{e}	= 1,648721	$\sqrt{3}$	= 1,73205	$180/\pi$	= 57,29578
$1/\lg e$	= 2,302585	g_n	= 9,80665 m/s ²	$\pi/180$	= 0,017453

Tablo 16, Dik üçgende fonksiyonlar, kısa trigonometri

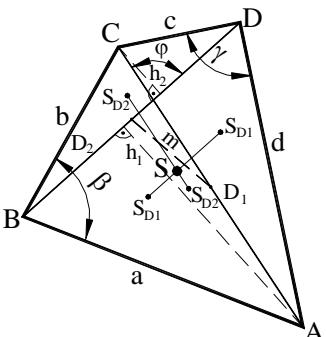
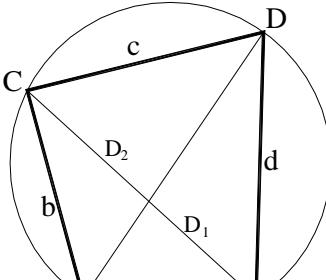
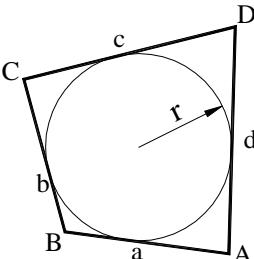
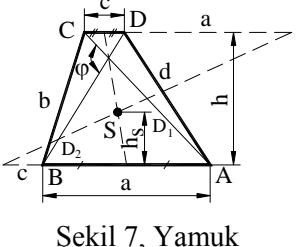
		$\sin \alpha = \frac{a}{c}$	$\cos \alpha = \frac{b}{c}$	$\tan \alpha = \frac{a}{b}$	$\cot \alpha = \frac{b}{a}$
		$\sin \beta = \frac{b}{c}$	$\cos \beta = \frac{a}{c}$	$\tan \beta = \frac{b}{a}$	$\cot \beta = \frac{a}{b}$
Dik kenar a	$= b \cdot \tan \alpha$	$= b \cdot \cot \beta$	$= c \cdot \sin \alpha$	$= c \cdot \cos \beta$	$= \sqrt{c^2 - b^2}$
Dik kenar b	$= a \cdot \tan \beta$	$= a \cdot \cot \alpha$	$= c \cdot \sin \beta$	$= c \cdot \cos \alpha$	$= \sqrt{c^2 - a^2}$
Hipotenüs c	$= a / \sin \alpha$	$= a / \cos \beta$	$= b / \sin \beta$	$= b / \cos \alpha$	$= \sqrt{a^2 + b^2}$
Alan A	$= \frac{a \cdot b}{2}$	$= \frac{a \cdot c \cdot \sin \beta}{2}$	$= \frac{a^2 \cdot \tan \beta}{2}$	$= \frac{b \cdot c \cdot \cos \beta}{2}$	$= \frac{b^2 \cdot \cot \beta}{2}$
	$= \frac{c^2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{2}$	$= \frac{b \cdot c \cdot \sin \alpha}{2}$	$= \frac{b^2 \cdot \tan \alpha}{2}$	$= \frac{a \cdot c \cdot \cos \alpha}{2}$	$= \frac{a^2 \cdot \cot \alpha}{2}$
Yükseklik h	$= b \cdot \sin \alpha$	$= a \cdot \sin \beta$			$= \sqrt{p \cdot q}$

2 Alanlar ve ağırlık merkezleri

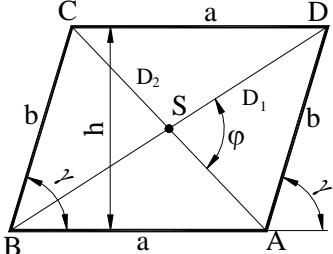
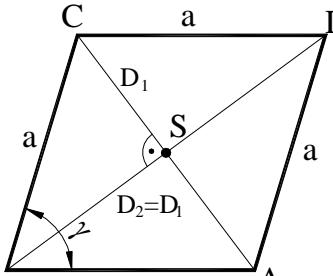
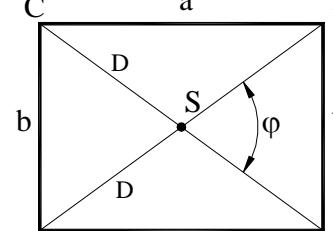
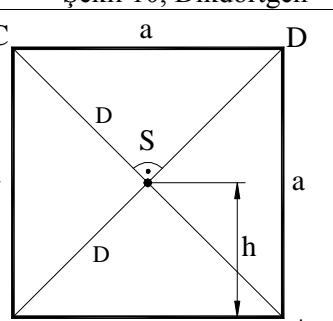
Tablo 17, Çeşitli kesittlerin alanı ve ağırlık merkezleri

Kesit	Formüller
 <p>Şekil 1, Üçgen</p>	2.1 Üçgen Üçgenin açıları: $\alpha + \beta + \gamma = 180^\circ$ Üçgenin alanı: $A = 0,5 \cdot a \cdot h$ $A = \sqrt{u \cdot (u - a) \cdot (u - b) \cdot (u - c)}$ $u = 0,5 \cdot (a + b + c)$ $A = 0,5 \cdot a \cdot b \cdot \sin \gamma$ $A = a^2 \cdot \frac{\sin \beta \cdot \sin \gamma}{2 \cdot \sin \alpha}$ $A = 2 \cdot R^2 \cdot \sin \alpha \cdot \sin \beta \cdot \sin \gamma$ $A = r^2 \cdot \operatorname{ctg}(\alpha/2) \cdot \operatorname{ctg}(\beta/2) \cdot \operatorname{ctg}(\gamma/2)$ $A = r \cdot u = a \cdot b \cdot c / (4 \cdot r)$ $A = 0,75 \cdot \sqrt{u_0 \cdot (u_0 - m_a) \cdot (u_0 - m_b) \cdot (u_0 - m_c)}$ $u_0 = 0,5 \cdot (m_a + m_b + m_c)$
 <p>Şekil 2, Üçgen</p>	Üçgenin ağırlık merkezi: kenar ortaylarının kesiştiği noktadır: $h_S = h_a / 3 = m_a / 3 = \dots$
 <p>Şekil 3, Dik üçgen</p>	Ceşitli büyüklükler: $h_a = 2A/a$; $h_b = 2A/b$; $h_c = 2A/c$ $r = A/u$ $r = u \cdot \tan(\alpha/2) \cdot \tan(\beta/2) \cdot \tan(\gamma/2)$ $R = a \cdot b \cdot c / (4 \cdot A)$ Kenarların ağırlık merkezi: Kenarların orta noktalarının birleştirilmesinden ortaya çıkan üçgenin iç dairesinin merkezidir.

Tablo 17 devam

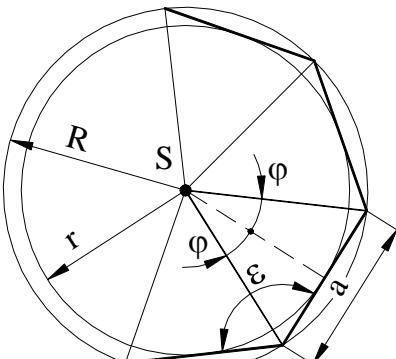
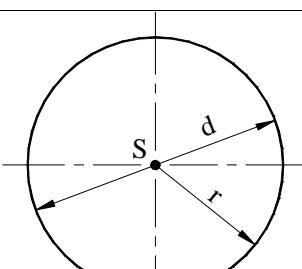
Kesit	Formüller
 <p>Şekil 4, Dörtgen</p>	2.2 Dörtgen Alan: $A = 0,5 \cdot D_2 \cdot (h_1 + h_2) = 0,5 \cdot D_1 \cdot D_2 \cdot \sin \varphi$ $A = \sqrt{(u-a) \cdot (u-b) \cdot (u-c) \cdot (u-d) - abcd \cdot \cos^2 \frac{\beta+\gamma}{2}}$ $u = 0,5 \cdot (a+b+c+d)$ β ve γ karşılıklı iki açı $a^2 + b^2 + c^2 + d^2 = D_1^2 + D_2^2 + 4 \cdot m^2$ m = köşegen orta noktalarını birleştiren doğru. Ağırlık merkezi S: D_1 ve D_2 köşegeni ile ortaya çıkan dört üçgenden karşılıklı üçgenlerin ağırlık merkezlerini birleştiren doğruların kesiştiği noktadır.
 <p>Şekil 5, Kirişler dörtgeni</p>	2.3 Kirişler dörtgeni Alan: $A = \sqrt{(u-a) \cdot (u-b) \cdot (u-c) \cdot (u-d)}$ $u = 0,5 \cdot (a+b+c+d)$ $D_1 \cdot D_2 = a \cdot c + b \cdot d$ Ağırlık merkezi S: D_1 ve D_2 köşegeni ile ortaya çıkan dört üçgenden karşılıklı üçgenlerin ağırlık merkezlerini birleştiren doğruların kesiştiği noktadır.
 <p>Şekil 6, Teğetler dörtgeni</p>	2.4 Teğetler dörtgeni Alan: $A = r \cdot u$ $u = 0,5 \cdot (a+b+c+d)$ Ağırlık merkezi S: D_1 ve D_2 köşegeni ile ortaya çıkan dört üçgenden karşılıklı üçgenlerin ağırlık merkezlerini birleştiren doğruların kesiştiği noktadır.
 <p>Şekil 7, Yamuk</p>	2.5 Yamuk Alan: $A = \frac{a+c}{2} \cdot h = \frac{D_1 + D_2}{2} \cdot \sin \varphi$ Ağırlık merkezi S: Konstrüksiyon şekilde görülmektedir. $h_s = \frac{h \cdot (a+2c)}{3 \cdot (a+c)} \cdot \sin \varphi$

Tablo 17 devam

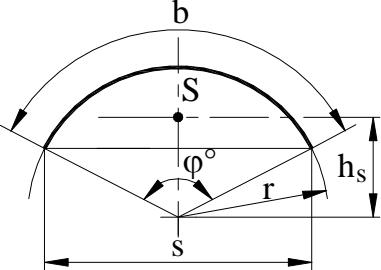
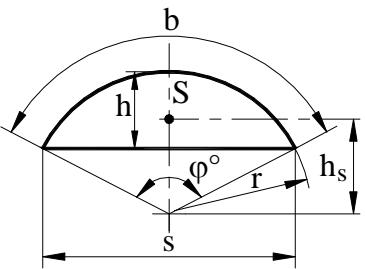
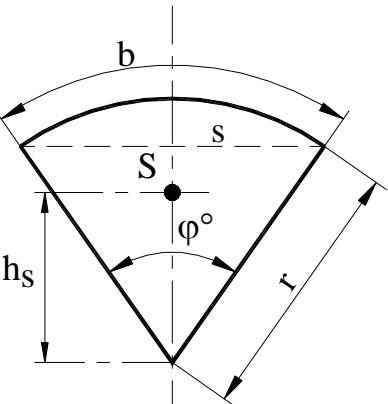
Kesit	Formüller
 <p>Şekil 8, Paralel kenar</p>	2.6 Paralel kenar (Rhomboide) Alan: $A = a \cdot h = a \cdot b \cdot \sin \gamma = \frac{D_1 + D_2}{2} \cdot \sin \varphi$ Ağırlık merkezi S: Konstrüksiyon şekilde görülmektedir ve köşegenlerin kesiştiği noktadır.
 <p>Şekil 9, Eşkenar dörtgen</p>	2.7 Eşkenar dörtgen (Rhombus): Alan: $A = a^2 \cdot \sin \gamma = \frac{D_1 + D_2}{2}$ Ağırlık merkezi S: Konstrüksiyon şekilde görülmektedir ve köşegenlerin kesiştiği noktadır.
 <p>Şekil 10, Dikdörtgen</p>	2.8 Dikdörtgen Alan: $A = a \cdot b = \frac{D^2}{2} \cdot \sin \varphi$ Ağırlık merkezi S: Konstrüksiyon şekilde görülmektedir. Köşegenlerin ve karşılıklı kenar orta noktalarını birleştiren doğruların kesiştiği noktadır. Bu aynı zamanda köşegenlerinde orta noktasıdır.
 <p>Şekil 11, Kare</p>	2.9 Kare Alan: $A = a^2 = \frac{D^2}{2}$ Ağırlık merkezi S: $D = a \cdot \sqrt{2}$ Konstrüksiyon şekilde görülmektedir. Köşegenlerin ve karşılıklı kenar orta noktalarını birleştiren doğruların kesiştiği noktadır. Bu aynı zamanda köşegenlerinde orta noktasıdır. $h_s = D / 2 \cdot \sin 45^\circ$

Tablo 17 devam

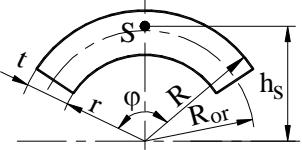
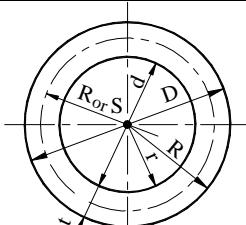
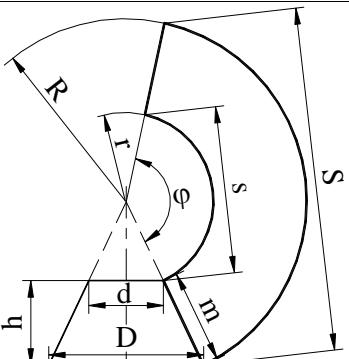
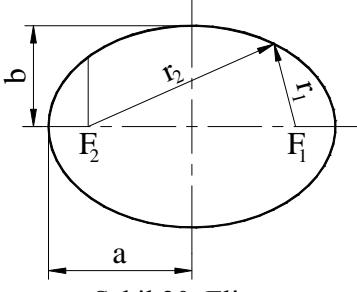
Kesit				Formüller					
n kenar sayısı	a = R . x = r . y	R = a . x = r . y	r = a . x = R . y	A = a ² . x = R ² . y = r ² . z					
	x	y	x	y	x	y	x	y	z
3	1.732	3.464	0.577	2.000	0.289	0.500	0.433	1.299	5.196
4	1.414	2.000	0.707	1.414	0.500	0.707	1.000	2.000	4.000
5	1.176	1.453	0.851	1.236	0.688	0.809	1.720	2.378	3.633
6	1.000	1.155	1.000	1.155	0.866	0.866	2.598	2.598	3.464
7	0.868	0.963	1.152	1.110	1.038	0.901	3.634	2.736	3.371
8	0.765	0.828	1.307	1.082	1.207	0.924	4.828	2.828	3.314
9	0.684	0.728	1.462	1.064	1.374	0.940	6.182	2.893	3.276
10	0.618	0.650	1.618	1.051	1.539	0.951	7.694	2.939	3.249
12	0.518	0.536	1.932	1.035	1.866	0.966	11.196	3.000	3.215
14	0.445	0.456	2.247	1.026	2.191	0.975	15.335	3.037	3.195
16	0.390	0.398	2.563	1.020	2.514	0.981	20.109	3.061	3.183
18	0.347	0.353	2.879	1.015	2.836	0.985	25.521	3.078	3.174
20	0.313	0.317	3.196	1.012	3.157	0.988	31.569	3.090	3.168

Şekil 12, Düzenli eşkenar çokgen			2.10 Düzenli eşkenar çokgen																																																																								
			$A = 0,25 \cdot n \cdot a^2 \cdot \operatorname{ctg}\varphi$ $A = 0,5 \cdot n \cdot R^2 \cdot \sin 2\varphi$ $A = n \cdot r^2 \cdot \tan \varphi \quad n = \text{kenar sayısı}$ $U = n \cdot a = 2 \cdot n \cdot R \cdot \sin \varphi = 2 \cdot n \cdot r \cdot \operatorname{tg}\varphi$ $\varphi^\circ = 180/n \quad \varepsilon^\circ = 180 - 2 \cdot \varphi^\circ = 180 - 360/n$ $a = 2 \cdot r \cdot \tan \varphi \quad a = 2 \cdot R \cdot \sin \varphi$ $R = a / (2 \cdot \sin \varphi) \quad R = r / \cos \varphi$ $r = R \cdot \cos \varphi \quad r = a / (2 \cdot \tan \varphi)$																																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th>n kenar sayısı</th> <th>a = R . x = r . y</th> <th>R = a . x = r . y</th> <th>r = a . x = R . y</th> </tr> <tr> <th>x</th> <th>y</th> <th>x</th> <th>y</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>3</td><td>1.732</td><td>3.464</td><td>0.577</td><td>2.000</td></tr> <tr><td>4</td><td>1.414</td><td>2.000</td><td>0.707</td><td>1.414</td></tr> <tr><td>5</td><td>1.176</td><td>1.453</td><td>0.851</td><td>1.236</td></tr> <tr><td>6</td><td>1.000</td><td>1.155</td><td>1.000</td><td>1.155</td></tr> <tr><td>7</td><td>0.868</td><td>0.963</td><td>1.152</td><td>1.110</td></tr> <tr><td>8</td><td>0.765</td><td>0.828</td><td>1.307</td><td>1.082</td></tr> <tr><td>9</td><td>0.684</td><td>0.728</td><td>1.462</td><td>1.064</td></tr> <tr><td>10</td><td>0.618</td><td>0.650</td><td>1.618</td><td>1.051</td></tr> <tr><td>12</td><td>0.518</td><td>0.536</td><td>1.932</td><td>1.035</td></tr> <tr><td>14</td><td>0.445</td><td>0.456</td><td>2.247</td><td>1.026</td></tr> <tr><td>16</td><td>0.390</td><td>0.398</td><td>2.563</td><td>1.020</td></tr> <tr><td>18</td><td>0.347</td><td>0.353</td><td>2.879</td><td>1.015</td></tr> <tr><td>20</td><td>0.313</td><td>0.317</td><td>3.196</td><td>1.012</td></tr> </tbody> </table>			n kenar sayısı	a = R . x = r . y	R = a . x = r . y	r = a . x = R . y	x	y	x	y	3	1.732	3.464	0.577	2.000	4	1.414	2.000	0.707	1.414	5	1.176	1.453	0.851	1.236	6	1.000	1.155	1.000	1.155	7	0.868	0.963	1.152	1.110	8	0.765	0.828	1.307	1.082	9	0.684	0.728	1.462	1.064	10	0.618	0.650	1.618	1.051	12	0.518	0.536	1.932	1.035	14	0.445	0.456	2.247	1.026	16	0.390	0.398	2.563	1.020	18	0.347	0.353	2.879	1.015	20	0.313	0.317	3.196	1.012
n kenar sayısı	a = R . x = r . y	R = a . x = r . y	r = a . x = R . y																																																																								
x	y	x	y																																																																								
3	1.732	3.464	0.577	2.000																																																																							
4	1.414	2.000	0.707	1.414																																																																							
5	1.176	1.453	0.851	1.236																																																																							
6	1.000	1.155	1.000	1.155																																																																							
7	0.868	0.963	1.152	1.110																																																																							
8	0.765	0.828	1.307	1.082																																																																							
9	0.684	0.728	1.462	1.064																																																																							
10	0.618	0.650	1.618	1.051																																																																							
12	0.518	0.536	1.932	1.035																																																																							
14	0.445	0.456	2.247	1.026																																																																							
16	0.390	0.398	2.563	1.020																																																																							
18	0.347	0.353	2.879	1.015																																																																							
20	0.313	0.317	3.196	1.012																																																																							
			2.11 Daire																																																																								
$A = \pi \cdot r^2 = \pi \cdot d^2 / 4 = U \cdot d / 4 = 0,785'398'1634 \cdot d^2$			$\text{Çevre} \quad U = \pi \cdot d = 2 \cdot \pi \cdot r = 3,141'593 \cdot d$																																																																								
<p>Ağırlık merkezi dairenin merkezidir.</p>																																																																											

Tablo 17 devam

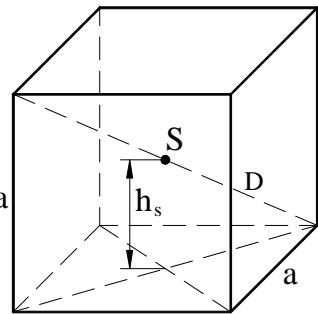
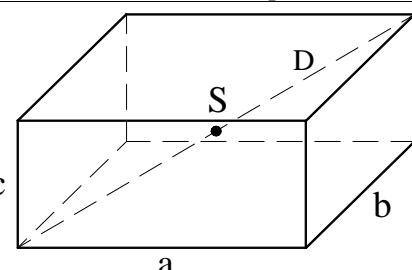
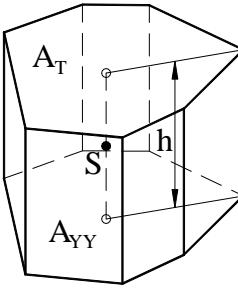
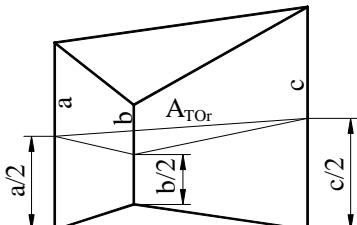
Kesit	Formüller
 <p>Şekil 14, Daire yay boyu</p>	2.12 Daire yayı Yay boyu: $b = \pi \cdot r \cdot \varphi / 180^\circ$ $b \approx \sqrt{s^2 + b^2} + \frac{h_s^2}{3 \cdot s}$ Yarım daire yayı: $\varphi = \pi$ $h_s = 2 \cdot r / \pi = 0,6366 \cdot r$ Dörtebir daire yayı: $\varphi = \pi/2$ $h_s = 2 \cdot r \cdot \sqrt{2} / \pi = 0,9003 \cdot r$ Altıdabir daire yayı: $\varphi = \pi/3$ $h_s = 3 \cdot r / \pi = 0,9549 \cdot r$
 <p>Şekil 15, Daire Kesiti</p>	2.13 Daire Kesiti $A = 0,5 \cdot r^2 \cdot \left(\frac{\varphi^\circ \cdot \pi}{180} - \sin \varphi \right) = 0,5 \cdot [r \cdot (b - s) + s \cdot h]$ $s = 2 \cdot r \cdot \sin(\varphi/2)$ $h = r \cdot (1 - \cos(\varphi/2))$ Ağırlık merkezi: $h_s = \frac{2 \cdot r \cdot \sin^3(\varphi/2)}{3 \cdot (\varphi/2 - \sin(\varphi/2) \cdot \cos(\varphi/2))} = \frac{s^3}{12 \cdot A}$
 <p>Şekil 16, Daire Dilimi</p>	2.14 Daire Dilimi $A = 0,5 \cdot b \cdot r = \frac{\varphi^\circ \cdot \pi \cdot r^2}{360^\circ} = 0,5 \cdot \varphi \cdot r^2$ $s = 2 \cdot r \cdot \sin(\varphi/2)$ $b = \pi \cdot \varphi^\circ \cdot r / 180^\circ$ Ağırlık merkezi: $h_s = \frac{2 \cdot r \cdot s}{3 \cdot b} = \frac{r^2 \cdot s}{3 \cdot A}$ Yarım daire dilimi: $\varphi = \pi$ $h_s = 4 \cdot r / (3\pi) = 0,4244 \cdot r$ Dörtebir daire dilimi: $\varphi = \pi/2$ $h_s = 4 \cdot r \cdot \sqrt{2} / (3\pi) = 0,6002 \cdot r$ Altıdabir daire dilimi: $\varphi = \pi/3$ $h_s = 2 \cdot r / \pi = 0,6366 \cdot r$

Tablo 17 devam

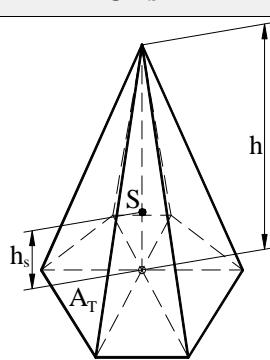
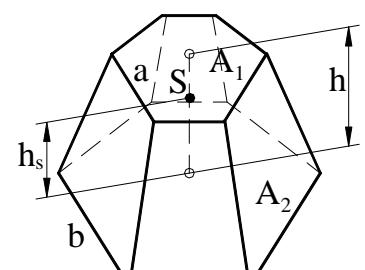
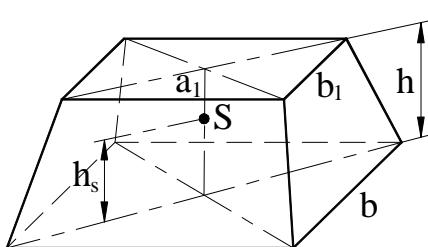
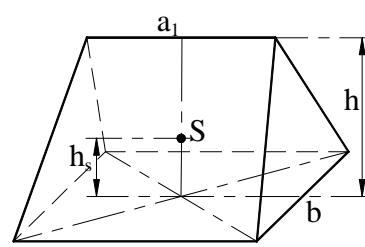
Kesit	Formüller
 <p>Şekil 17, Düzlem halka parçası</p>	2.15 Düzlem halka parçası $A = \frac{\pi \cdot \varphi^\circ}{180^\circ} \cdot (R^2 - r^2) = \frac{\pi \cdot \varphi^\circ}{180^\circ} \cdot (D^2 - d^2)/4 = \varphi \cdot R_{\text{or}} \cdot t$ <p>Ağırlık merkezi:</p> $h_s = \frac{2 \cdot (R^3 - r^3) \cdot \sin(\varphi/2)}{3 \cdot (R^2 - r^2) \cdot \text{arc}(\varphi/2)}$ <p>veya</p> $h_s = \frac{38,1972 \cdot (R^3 - r^3) \cdot \sin(\varphi/2)}{(R^2 - r^2) \cdot (\varphi^\circ / 2)}$
 <p>Şekil 18, Daire Halkası</p>	2.16 Daire Halkası (Düzlem yuvarlak halka) $A = \pi \cdot (R^2 - r^2) = \pi \cdot (D^2 - d^2)/4 = 2 \cdot \pi \cdot R_{\text{or}} \cdot t$ <p>Ağırlık merkezi, daire halkası merkezidir.</p>
 <p>Şekil 19, Kesik koninin açınımı</p>	2.17 Kesik koninin açınımı $A = \frac{\pi \cdot \varphi^\circ}{180^\circ} \cdot (R^2 - r^2) \quad m = \sqrt{h^2 + \frac{(D-d)^2}{4}}$ $r = \frac{d \cdot m}{D-d} \quad R = m + r$ $\varphi^\circ = \frac{D-d}{m} \cdot 180^\circ$ $S = 2 \cdot R \cdot \sin(\varphi/2) \quad s = 2 \cdot r \cdot \sin(\varphi/2)$ <p>Ağırlık merkezi için "Kesilmiş Halka" daki formül geçerlidir.:.</p>
 <p>Şekil 20, Elips</p>	2.18 Elips $A = \pi \cdot a \cdot b$ <p>Çevre : $U \approx \pi \cdot \left[\frac{a+b}{2} + \sqrt{\frac{a^2 + b^2}{2}} \right]$</p>

3 Hacimler ve ağırlık merkezleri

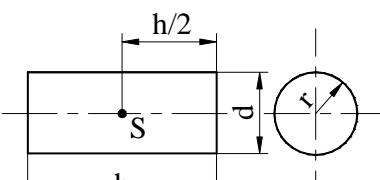
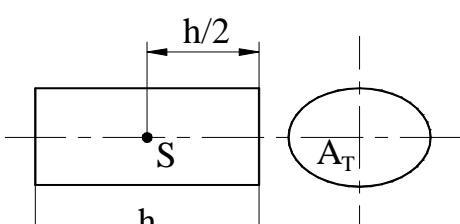
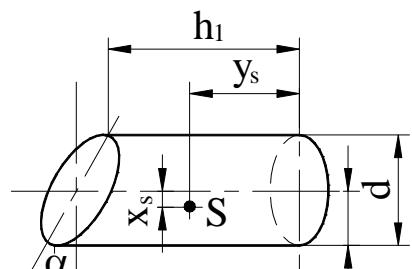
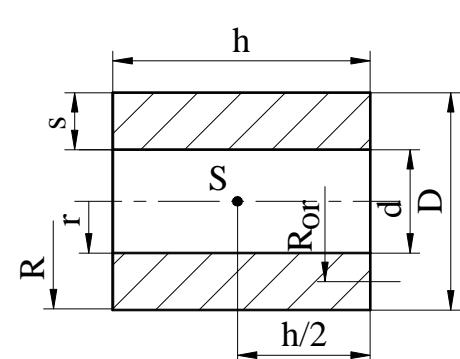
Tablo 18, Çeşitli cisimlerin hacimleri ve ağırlık merkezleri

C i s i m	F o r m ü l e r
 <p>Şekil 21, Küp</p>	3.1 Küp Hacim: $V = a^3$ Yüzey alanı $A_Y = 6.a^2$ Hacim köşegeni $D = a \cdot \sqrt{3}$ Ağırlık merkezi: Konstrüksiyonda görülmektedir ve hacim köşegenlerin kesiştiği nokta veya hacim köşegenin orta noktasıdır. Koordinatlar $(x;y;z)$. $h_s = a/2 ; a/2 ; a/2$
 <p>Şekil 22, Dikdörtgen prizma</p>	3.2 Dikdörtgen prizma Hacim: $V = a \cdot b \cdot c$ Yüzey alanı $A_Y = 2.(a.b + a.c + b.c)$ Hacim köşegeni $D = \sqrt{a^2 + b^2 + c^2}$ Ağırlık merkezi: Konstrüksiyonda görülmektedir ve hacim köşegenlerin kesiştiği nokta veya hacim köşegenin orta noktasıdır. Koordinatlar $(x;y;z)$. $h_s = a/2 ; b/2 ; c/2$
 <p>Şekil 23, Prizma</p>	3.3 Prizma Tabanlar paralel ve yanal yüzeyler tabanadık Hacim: $V = A_T \cdot h$ A_T = Taban veya tavan alanı Yüzey alanı $A_Y = 2.A_T + \Sigma A_{YY}$ A_{YY} = Yanal yüzey alanı Ağırlık merkezi: Konstrüksiyonda görülmektedir ve taban ağırlık merkezinden $h/2$ mesafesindedir. $h_s = h/2$
 <p>Şekil 24, Üçgen prizma</p>	3.4 Üçgen prizma Yanal yüzey kenarları birbirini paralel taban ve tavan eğik Hacim: $V = A_{TOr} \cdot \frac{a + b + c}{3}$ A_{TOr} = ortalama taban alanı. Kenarların orta noktalarını birleştiren doğruların ortaya çıkardığı kesit ve kenarlar buna dik. Diğer prizmalarda benzer olarak hesaplanır.

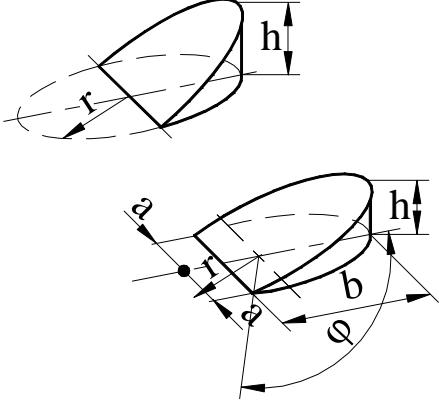
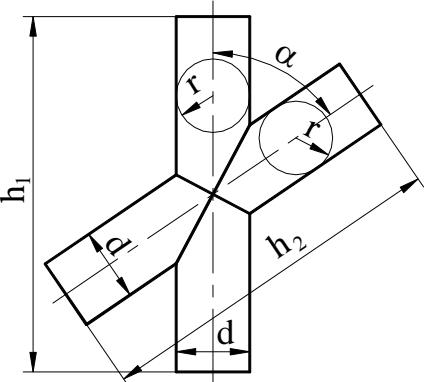
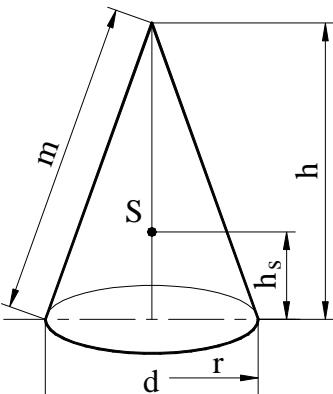
Tablo 18 devam

Cisim	Formüller
 <p>Şekil 25, Piramit</p>	3.5 Piramit Taban şekline göre adlandırılır. Örneğin: Üçgen, dörtgen, çokgen, v.b. Hacim: $V = \frac{A_T \cdot h}{3}$ A_T = Taban alanı Yüzey alanı $A_Y = A_T + \sum A_{YY}$ A_{YY} = Yanal yüzey alanı Ağırlık merkezi: Konstrüksiyonda görülmektedir ve ağırlık ekseniinin dörtte birindedir. $h_s = h/4$
 <p>Şekil 26, Kesik Piramit</p>	3.6 Kesik Piramit Hacim: $V = \frac{h}{3} \cdot (A_1 + A_2 + \sqrt{A_1 \cdot A_2})$ $V = \frac{h \cdot A_2}{3} + \left[1 + \frac{a}{b} + \left(\frac{a}{b} \right)^2 \right]$ A_1 = Tavan alanı ; A_2 = Taban alanı Ağırlık merkezi: Konstrüksiyonda görülmektedir. $h_s = \frac{h}{4} \cdot \frac{A_1 + 2 \cdot \sqrt{A_1 \cdot A_2} + 3 \cdot A_2}{A_1 + \sqrt{A_1 \cdot A_2} + A_2}$
 <p>Şekil 27, Kesik Dikdörtgen Piramit</p>	3.7 Kesik Dikdörtgen Piramit (Obelisk) Hacim: $V = \frac{h}{6} \cdot [(2a + a_1) \cdot b + (2a_1 + a) \cdot b_1]$ $V = \frac{h}{6} \cdot [ab + (a + a_1) \cdot (b + b_1) + a_1 b_1]$ Ağırlık merkezi: Konstrüksiyonda görülmektedir. $h_s = \frac{h}{2} \cdot \frac{ab + ab_1 + a_1 b + 3a_1 b_1}{2ab + ab_1 + a_1 b + 2a_1 b_1}$
 <p>Şekil 28, Kama</p>	3.8 Kama Hacim: $V = \frac{b \cdot h}{6} \cdot (2a + a_1)$ Ağırlık merkezi: Konstrüksiyonda görülmektedir. $h_s = \frac{h}{2} \cdot \frac{a + a_1}{2a + a_1}$

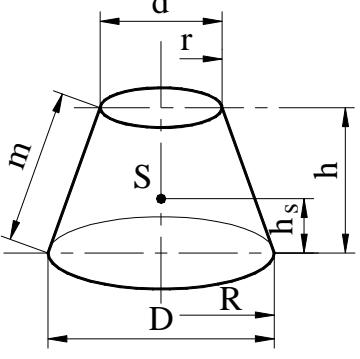
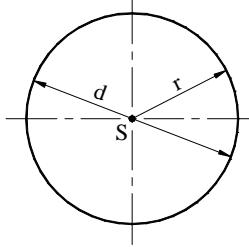
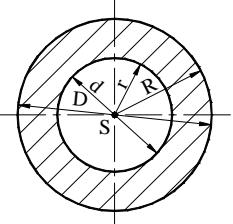
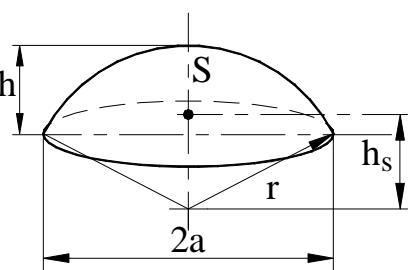
Tablo 18 devam

Cisim	Formüller
 <p>Şekil 29, Silindir, tabanı daire</p>	3.9 Silindir, tabanı daire Hacim: $V = \pi \cdot r^2 \cdot h = 0,25 \cdot \pi \cdot d^2 = 0,7854 \cdot d^2 \cdot h$ Yanal yüzey alanı $A_Y = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h = \pi \cdot d \cdot h = 4,1416 \cdot d \cdot h$ Bütün yüzey alanı $A_{BY} = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot (r+h) = \pi \cdot d \cdot (d/2+h)$ Ağırlık merkezi: Konstrüksiyonda görülmektedir. $h_s = h/2$
 <p>Şekil 30, Silindir, tabanı elips</p>	3.10 Silindir, tabanı elips Hacim: $V = A_T \cdot h$ A_T = Taban alanı Yanal yüzey alanı $A_Y = U \cdot h$ U = Taban çevresi Ağırlık merkezi: Konstrüksiyonda görülmektedir. $h_s = h/2$
 <p>Şekil 31, Kesik Silindir, tabanı daire</p>	3.11 Silindir, tabanı daire ve kesik Hacim: $V = 0,5 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot (h_1 + h_2) = \pi \cdot d^2 \cdot (h_1 + h_2)/8$ Yanal yüzey alanı $A_Y = \pi \cdot r \cdot (h_1 + h_2) = \pi \cdot d \cdot (h_1 + h_2)/2$ Ağırlık merkezi: Konstrüksiyonda görülmektedir. $x_s = \frac{r^2 \cdot \tan \alpha}{4 \cdot h}$ $y_s = \frac{h}{2} + \frac{r^2 \cdot \tan^2 \alpha}{8 \cdot h}$ ortalama yükseklik $h = (h_1 + h_2)/2$
 <p>Şekil 32, Kaval Silindir, boru</p>	3.12 Silindir, kaval, boru Hacim: $V = \pi \cdot h \cdot (R^2 - r^2) = \pi \cdot h \cdot (D^2 + d^2)/4$ $V = \pi \cdot h \cdot s \cdot (2R - s) = \pi \cdot h \cdot s \cdot (D - d)$ $V = \pi \cdot h \cdot s \cdot (2r + s) = \pi \cdot h \cdot s \cdot (d + s)$ $V = 2 \cdot \pi \cdot h \cdot s \cdot R_{or} = \pi \cdot h \cdot s \cdot (R + r)$ İç ve dış yüzey alanı: $A_Y = 2 \cdot \pi \cdot h \cdot (R + r) = \pi \cdot h \cdot (D + d)$ Ağırlık merkezi: Konstrüksiyonda görülmektedir. $h_s = h / 2$

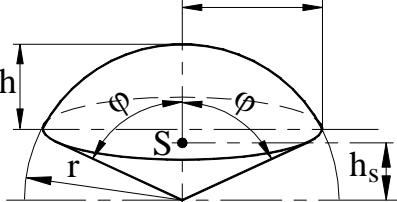
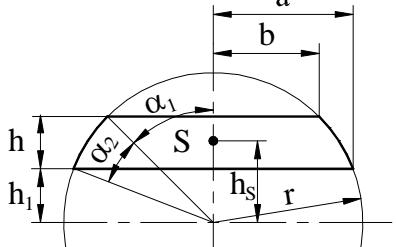
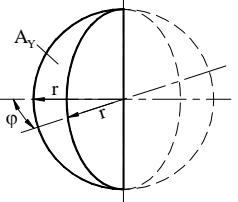
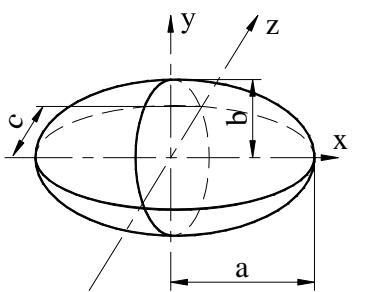
Tablo 18 devam

Cisim	Formüller
 <p>Şekil 33, Silindir kesiti</p>	<p>3.13 Silindir kesiti, Silindir kama</p> <p>Kesit taban merkezinden geçiyorsa:</p> <p>Hacim: $V = \frac{2.r^2 \cdot h}{3}$</p> <p>Yanal yüzey alanı: $A_Y = 2.r.h$</p> <p>Kesit taban herhangi bir yerden geçiyorsa:</p> <p>Hacim: $V = \frac{h}{3b} \cdot \left[a \cdot (3r^2 - a^2) + \frac{3 \cdot \pi \cdot r^2 \cdot (b - r) \cdot \phi^\circ}{180^\circ} \right]$</p> <p>Yanal yüzey alanı: $A_Y = \frac{2.r \cdot h}{b} \cdot \left[a + \frac{\pi \cdot (b - r) \cdot \phi^\circ}{180^\circ} \right]$</p>
 <p>Şekil 34, Birbirini kesen iki Silindir</p>	<p>3.14 Birbirini kesen iki Silindir</p> <p>Hacim: $V = \pi \cdot r^2 \cdot (h + 1) - \frac{16}{3} \cdot \frac{r^2}{\sin \alpha}$</p> <p>Yanal yüzey alanı:</p> $A_Y = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot (h + 1) - \frac{16 \cdot r^2}{\sin \alpha}$
 <p>Şekil 35, Koni</p>	<p>3.15 Koni</p> <p>Hacim: $V = \frac{\pi}{3} \cdot r^2 \cdot h = \frac{\pi}{12} \cdot d^2 \cdot h$</p> <p>Yanal yüzey alanı:</p> $A_Y = \pi \cdot r \cdot m = \pi \cdot r \cdot \sqrt{r^2 + h^2}$ <p>Ağırlık merkezi:</p> <p>Dolu koni için: $h_s = h / 4$</p> <p>Yanal yüzey için: $h_s = h / 3$</p>

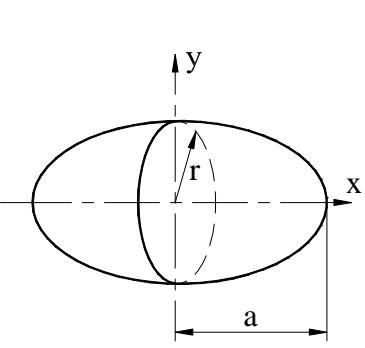
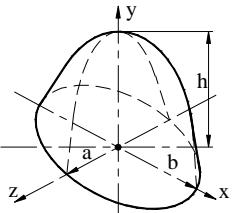
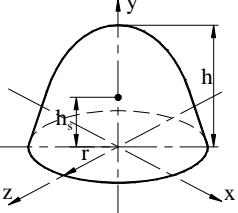
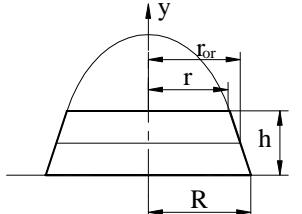
Tablo 18 devam

C i s i m	F o r m ü l l e r
 <p>Şekil 36, Kesik Koni</p>	3.16 Koni, kesik Hacim: $V = \frac{\pi \cdot h}{3} \cdot (R^2 + Rr + r^2) = \frac{\pi \cdot h}{12} \cdot (D^2 + Dd + d^2)$ Yanal yüzey alanı: $A_Y = \pi \cdot m \cdot (R+r)$ $m = \sqrt{(R-r)^2 + h^2}$ Ağırlık merkezi: Dolu koni için: $h_s = \frac{h}{4} \cdot \frac{R^2 + 2Rr + 3r^2}{R^2 + Rr + 3r^2}$ Yanal yüzey için: $h_s = \frac{h}{3} \cdot \frac{R + 2r}{R + r}$
 <p>Şekil 37, Küre</p>	3.17 Küre Hacim: $V = \frac{4 \cdot \pi \cdot r^3}{3} = 4,1886 \cdot r^3$ $V = \frac{\pi \cdot d^3}{6} = 0,5236 \cdot d^3$ $r = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot V}{4 \cdot \pi}} = 0,6204 \cdot \sqrt[3]{V}$ Üst yüzey alanı: $A_U = 4 \cdot \pi \cdot r^2 = \pi \cdot d^2$ Ağırlık merkezi: Kürenin merkezindedir.
 <p>Şekil 38, İçi boş Küre</p>	3.18 Küre, içi boş Hacim: $V = \frac{4 \cdot \pi}{3} \cdot (R^2 - r^2) = \frac{\pi}{6} \cdot (D^2 - d^2)$ Ağırlık merkezi: İçî boş tam kürede, kürenin merkezindedir. İçî boş yarılm kürede merkezden : $h_s = \frac{3}{8} \cdot \frac{R^4 - r^4}{R^3 - r^3}$
 <p>Şekil 39, Küre kapağı</p>	3.19 Küre kapağı Hacim: $V = \frac{\pi \cdot h}{6} \cdot (3a^2 - h^2) = \frac{\pi \cdot h^2}{3} \cdot (3r - h)$ Üst yüzey alanı: $A_U = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h = \pi \cdot (a^2 + h^2)$ $a^2 = h \cdot (2r - h)$ Ağırlık merkezi: Küre kapağı için: $h_s = \frac{3}{4} \cdot \frac{(2r - h)^2}{3r - h}$ Yarım küre kapağı için: $h_s = \frac{3}{8} \cdot r$

Tablo 18 devam

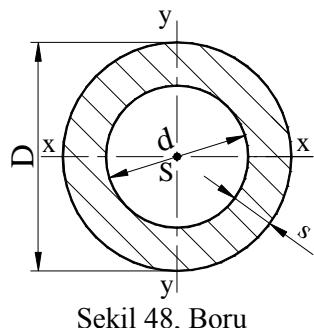
Cisim	Formüller
 <p>Şekil 40, Küre dilimi</p>	3.20 Küre dilimi Hacim: $V = \frac{2 \cdot \pi}{3} \cdot r^2 \cdot h = 2,094'395 \cdot r^2 \cdot h$ Üst yüzey alanı: $A_U = \pi \cdot r \cdot (a+2h)$ Ağırlık merkezi: $h_s = \frac{3}{4} \cdot (r - h/2) = \frac{3}{8} \cdot r \cdot (1 + \cos \varphi)$
 <p>Şekil 41, Küreden disk parçası</p>	3.21 Küreden disk parçası Hacim: $V = \frac{\pi \cdot h}{6} \cdot (3a^2 + 3b^2 + h^2)$ Üst yüzey alanı: $A_U = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot h$ $r^2 = a^2 + \left(\frac{a^2 - b^2 - h^2}{2h} \right)$ burada $a > b$ olmalıdır. Ağırlık merkezi: $h_s = \frac{1}{2} \cdot r \cdot (\cos \alpha_2 + \cos \alpha_1)$ genel $\cos \alpha_2 = h_1 / r \quad \cos \alpha_1 = (h+h_1) / r$ yerleştirince $h_s = h_1 + \frac{h}{2}$ Ağırlık merkezi parçanın yarısındadır
 <p>Şekil 42, Küreden karpuz dilimi</p>	3.22 Küreden karpuz dilimi Hacim: $V = \frac{4 \cdot \pi \cdot r^3}{3} \cdot \frac{\varphi^\circ}{360} = 0,011'636 \cdot r^3$ Üst yüzey alanı: $A_U = \frac{\pi \cdot r^2 \cdot \varphi}{90} = 0,034'906 \cdot \varphi \cdot r^2$
 <p>Şekil 43, Elipsoid, iki kesitte elips</p>	3.23 Elipsoid, iki kesitte elips Hacim: $V = \frac{4\pi}{3} \cdot a \cdot b \cdot c$ Ağırlık merkezi: Elipsoidin orta noktasıdır. Ağırlık merkezi: Oktant $x_s = \frac{3}{8} \cdot a \quad y_s = \frac{3}{8} \cdot b \quad z_s = \frac{3}{8} \cdot c$

Tablo 18 devam

Cisim	Formüller
 <p>Şekil 44, Dönen Elipsoid, dik kesit daire</p>	<p>3.24 Elipsoid, Dönen elips dik kesit daire</p> <p>Hacim: $V = \frac{4\pi}{3} \cdot a \cdot r^2$ dönüş ekseni x $V = \frac{4\pi}{3} \cdot a^2 \cdot r$ dönüş ekseni y</p> <p>Üst yüzey alanı:</p> <p>$a > r$ ise $A_{\text{Ü}} = 2 \cdot \pi \cdot r \cdot \left(r + a \cdot \frac{a \sin \varepsilon}{\varepsilon} \right)$ $\varepsilon = \frac{1}{a} \cdot \sqrt{a^2 - r^2}$</p> <p>$a < r$ ise $A_{\text{Ü}} = 2 \cdot \pi \cdot \left(r^2 + b^2 + \ln \frac{r}{b} \cdot (1 + \varepsilon) \right)$ $\varepsilon = \frac{1}{a} \cdot \sqrt{r^2 - a^2}$</p> <p>Ağırlık merkezi: Dönen Elipsoidin orta noktasıdır.</p>
 <p>Şekil 45, Paraboloid</p>	<p>3.25 Paraboloid, yz- ve xy-kesiti parabol</p> <p>Hacim: $V = \frac{\pi}{2} \cdot a \cdot b \cdot h$</p>
 <p>Şekil 46, Dönen Paraboloid</p>	<p>3.26 Paraboloid, dönen parabol, dik kesit daire</p> <p>Hacim: $V = \frac{\pi}{2} \cdot h \cdot r^2 = 1,570796 \cdot h \cdot r^2$</p> <p>Ağırlık merkezi: $h_s = h / 3$</p>
 <p>Şekil 47, Dönen Paraboloid disk</p>	<p>3.27 Paraboloid disk</p> <p>Hacim: $V = \frac{\pi}{2} \cdot (R^2 + r^2) \cdot h = \pi \cdot r_{\text{or}}^2 \cdot h$</p> <p>Veya $V = A_{\text{or}} \cdot h$</p>

4 Profiller

Tablo 19, Boru değerleri



4.1 Boru

Sıcak haddelenmiş boru ölçülerine göre belirtilmesi şu şekilde yapılır:

Borunun dış çapı mm olarak $d = 100$

Borunun cedar kalınlığı mm olarak $s = 10$

Malzeme St 50-2

ϕ – Borunun tanımı:

ϕ – Boru – St 50-2 – $\phi 100 \times 10 - 150$

$$I_x = I_y = \pi \cdot (D^4 - d^4) / 64 = \pi \cdot (R^4 - r^4) / 4$$

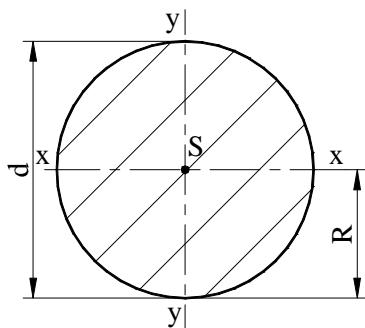
$$W_x = W_y = \pi \cdot (D^4 - d^4) / (32 \cdot D)$$

Çap D mm	s mm	Kesit alanı A cm ²	Ağır-lık m kg/m	I _x cm ⁴ 10 ⁴ mm ⁴	W _x cm ³ 10 ³ mm ³	Çap D mm	s mm	Kesit alanı A cm ²	Ağır-lık m kg/m	I _x cm ⁴ 10 ⁴ mm ⁴	W _x cm ³ 10 ³ mm ³
80	10	22.0	17.3	137.4	34.36	150	12	52.0	40.8	1247.8	166.38
	12	25.6	20.1	152.8	38.20		14	59.8	47.0	1397.6	186.35
	14	29.0	22.8	165.2	41.29		16	67.4	52.9	1533.4	204.45
90	10	25.1	19.7	204.2	45.38		18	74.6	58.6	1656.0	220.80
	12	29.4	23.1	228.9	50.87		20	81.7	64.1	1766.4	235.51
	14	33.4	26.2	249.5	55.45		22	88.5	69.4	1865.3	248.71
	16	37.2	29.2	266.5	59.23		24	95.0	74.6	1953.7	260.49
100	10	28.3	22.2	289.8	57.96	160	14	64.2	50.4	1726.7	215.84
	12	33.2	26.0	327.1	65.42		16	72.4	56.8	1899.3	237.41
	14	37.8	29.7	359.0	71.79		18	80.3	63.0	2056.5	257.06
	16	42.2	33.1	385.9	77.18		20	88.0	69.1	2199.1	274.89
110	10	31.4	24.7	396.6	72.11		22	95.4	74.9	2328.2	291.02
	12	36.9	29.0	450.2	81.85		24	102.5	80.5	2444.6	305.57
	14	42.2	33.1	496.8	90.32	170	14	68.6	53.9	2104.0	247.53
	16	47.2	37.1	537.0	97.63		16	77.4	60.8	2319.6	272.89
	18	52.0	40.8	571.5	103.91		18	86.0	67.5	2517.2	296.14
120	10	34.6	27.1	527.0	87.83		20	94.2	74.0	2697.8	317.39
	12	40.7	32.0	601.0	100.16		22	102.3	80.3	2862.6	336.78
	14	46.6	36.6	666.2	111.04		24	110.1	86.4	3012.4	354.40
	16	52.3	41.0	723.5	120.58	180	14	7301	57.3	2533	281.4
	18	57.7	45.3	773.5	128.91		16	8244	64.7	2798	310.9
130	10	37.7	29.6	683.3	105.12		18	9161	71.9	3042	338.0
	12	44.5	34.9	782.3	120.35		20	10053	78.9	3267	363.0
	14	51.0	40.1	870.6	133.95		22	10920	85.7	3474	386.0
	16	57.3	45.0	949.2	146.03		24	11762	92.3	3663	407.0
	18	63.3	49.7	1018.7	156.73	190	14	7741	60.8	3016	317.5
140	12	48.3	37.9	996.9	142.42		16	8746	68.7	3338	351.4
	14	55.4	43.5	1113.3	159.05		18	9726	76.4	3636	382.8
	16	62.3	48.9	1217.9	173.99		20	10681	83.8	3912	411.8
	18	69.0	54.2	1311.5	187.36		22	11611	91.1	4167	438.6
	20	75.4	59.2	1394.9	199.27		24	12516	98.3	4401	463.3

Çap D mm	s mm	Kesit alanı A cm ²	Ağır-lık m kg/m	I _x cm ⁴ 10 ⁴ mm ⁴	W _x cm ³ 10 ³ mm ³	Çap D mm	s mm	Kesit alanı A cm ²	Ağır-lık m kg/m	I _x cm ⁴ 10 ⁴ mm ⁴	W _x cm ³ 10 ³ mm ³	
200	16	9249	72.6	3944	394.4	250	26	17480	137.2	10154	846.2	
	18	10292	80.8	4303	430.3		28	18648	146.4	10659	888.3	
	20	11310	88.8	4637	463.7		30	19792	155.4	11133	927.8	
	22	12302	96.6	4947	494.7		18	13119	103.0	8880	710.4	
	24	13270	104.2	5234	523.4		20	14451	113.4	9628	770.3	
	26	14213	111.6	5499	549.9		22	15758	123.7	10335	826.8	
	28	15130	118.8	5743	574.3		24	17040	133.8	11002	880.2	
	30	16022	125.8	5968	596.8		26	18297	143.6	11630	930.4	
210	16	9752	76.5	4619	439.9		28	19528	153.3	12222	977.7	
	18	10857	85.2	5047	480.7		30	20735	162.8	12778	1022.2	
	20	11938	93.7	5447	518.7		34	23072	181.1	13789	1103.1	
	22	12994	102.0	5819	554.2		20	15080	118.4	10933	841.0	
	24	14024	110.1	6166	587.2		26	19113	150.0	13244	1018.7	
	26	15029	118.0	6487	617.9		30	21677	170.2	14578	1121.4	
	28	16010	125.7	6786	646.3		270	20	15708	123.3	12350	914.8
	30	16965	133.2	7062	672.5		26	19930	156.5	15001	1111.1	
220	16	10254	80.5	5367	487.9		30	22619	177.6	16540	1225.2	
	18	11423	89.7	5872	533.9		280	20	16336	128.2	13886	991.8
	20	12566	98.6	6346	576.9		26	20747	162.9	16907	1207.6	
	22	13685	107.4	6789	617.2		30	23562	185.0	18673	1333.8	
	24	14778	116.0	7203	654.8		290	20	16965	133.2	15544	1072.0
	26	15846	124.4	7589	689.9		30	24504	192.4	20982	1447.0	
	28	16889	132.6	7948	722.6		300	20	17593	138.1	17329	1155.3
	30	17907	140.6	8282	752.9		40	32673	256.5	28262	1884.1	
230	16	10757	84.4	6192	538.4		320	20	18850	148.0	21300	1331.2
	18	11988	94.1	6784	589.9		40	35186	276.2	35186	2199.1	
	20	13195	103.6	7340	638.2		340	20	20106	157.8	25836	1519.8
	22	14376	112.9	7861	683.6		40	37699	295.9	43165	2539.1	
	24	15532	121.9	8351	726.2		360	20	21363	167.7	30976	1720.9
	26	16663	130.8	8809	766.0		40	40212	315.7	52276	2904.2	
230	28	17769	139.5	9237	803.2		380	20	22619	177.6	36757	1934.6
	30	18850	148.0	9637	838.0		40	42726	335.4	62593	3294.4	
240	18	12554	98.5	7785	648.7		400	20	23876	187.4	43216	2160.8
	20	13823	108.5	8432	702.7		40	45239	355.1	74192	3709.6	
	22	15067	118.3	9042	753.5							
	24	16286	127.8	9615	801.3							

4.2 Yuvarlak profil

Tablo 4.1, Yuvarlak profil değerleri



Şekil 49, Yuvarlak profil

Sıcak haddelenmiş Yuvarlak profil ölçülerine göre belirtilmesi şu şekilde yapılır:

$$\text{Profilin çapı mm olarak} \quad d = 50$$

$$\text{Profilin boyu mm olarak} \quad L = 150$$

$$\text{Malzeme} \quad \text{St 50-2}$$

ϕ – Profilinin tanımı:

$$\phi - \text{Profil} - \text{St 50-2} - \phi 50 - 150$$

$$I_x = I_y = \pi \cdot d^4 / 64 = \pi \cdot R^4 / 4$$

$$I_x = I_y \approx 0,05 \cdot d^4 \approx 0,7854 \cdot R^4$$

$$W_x = W_y = \pi \cdot d^3 / 32 = \pi \cdot R^3 / 4$$

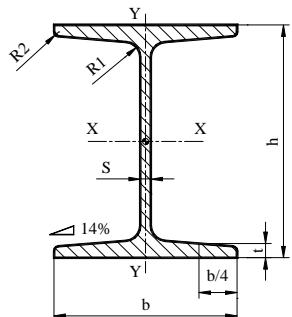
$$W_x = W_y \approx 0,1 \cdot d^3 \approx 0,7854 \cdot R^3$$

Çap mm	Kesit- alanı A mm^2	Ağırlığı m_I kg/m	I_x 10^3mm^4	W_x 10^3mm^3
5	19.6	0.15	0.031	0.012
6	28.3	0.22	0.064	0.021
8	50.3	0.39	0.201	0.050
10	78.5	0.62	0.491	0.098
12	113.1	0.89	1.018	0.170
15	176.7	1.39	2.485	0.331
16	201.1	1.58	3.217	0.402
18	254.5	2.00	5.153	0.573
20	314.2	2.47	7.854	0.785
22	380.1	2.98	11.5	1.045
25	490.9	3.85	19.2	1.534
28	615.8	4.83	30.2	2.155
30	706.9	5.55	39.8	2.651
35	962.1	7.55	73.7	4.209
40	1256.6	9.86	125.7	6.283
45	1590.4	12.48	201.3	8.946
50	1963.5	15.41	306.8	12.3
55	2375.8	18.65	449.2	16.334
60	2827.4	22.20	636.2	21.2
65	3318.3	26.05	876.2	26.961
70	3848.5	30.21	1178.6	33.7
75	4417.9	34.68	1553.2	41.4
80	5026.5	39.46	2010.6	50.3
85	5674.5	44.54	2562.4	60.3
90	6361.7	49.94	3220.6	71.6

Çap mm	Kesit- alanı A mm^2	Ağırlığı m_I kg/m	I_x 10^3mm^4	W_x 10^3mm^3
95	7088.2	55.64	3998.2	84.2
100	7854.0	61.65	4908.7	98.2
110	9503.3	74.60	7186.9	130.7
120	11309.7	88.78	10178.8	169.6
130	13273.2	104.19	14019.8	215.7
135	14313.9	112.36	16304.4	241.5
140	15393.8	120.84	18857.4	269.4
145	16513.0	129.63	21699.1	299.3
150	17671.5	138.72	24850.5	331.3
155	18869.2	148.12	28333.3	365.6
160	20106.2	157.83	32169.9	402.1
170	22698.0	178.18	40998.3	482.3
180	25446.9	199.76	51530.0	572.6
190	28352.9	222.57	63971.2	673.4
200	31415.9	246.62	78539.8	785.4
210	34636.1	271.89	95465.6	909.2
220	38013.3	298.40	114990.1	1045.4
230	41547.6	326.15	137366.6	1194.5
240	45238.9	355.13	162860.2	1357.2
250	49087.4	385.34	191747.6	1534.0
260	53092.9	416.78	224317.6	1725.5
270	57255.5	449.46	260870.5	1932.4
280	61575.2	483.37	301718.6	2155.1
290	66052.0	518.51	347185.7	2394.4
300	70685.8	554.88	397607.8	2650.7

4.3 Standart I-Profil, NPI-Profilı

Tablo 20, Standart I-Profili değerleri



Şekil 50, Standart I-Profili

Sıcak haddelenmiş standart normal I-Profilinin ölçülerine göre belirtilmesi şu şekilde yapılır:

Profilin yüksekliği mm olarak $h = 200$
Malzeme $St\ 37-2$
Malzeme numarası DIN'e göre 1.0037

I-Profilinin tanımı:

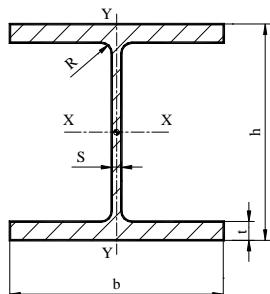
I-Profili DIN 1025 - St 37-2 - I200 veya
I-Profili DIN 1025 - 1.0037 - I200

Kısa tanım	Çeşitli boyutlar						Kesit alanı A mm ²	Ağırlığı m _l kg/m	Eğilme eksenine göre atalet ve mukavemet momentleri					
	h mm	b mm	s mm	t mm	R ₁ mm	R ₂ mm			x - x	W _x 10 ⁶ mm ³	i _x mm	y - y	W _y 10 ⁶ mm ³	
80	80	42	3,9	5,9	3,9	2,3	757	5,94	0,778	19,5	32	0,063	3	9,1
100	100	50	4,5	6,8	4,5	2,7	1 060	8,34	1,71	34,2	40,1	0,122	4,88	10,7
120	120	58	5,1	7,7	5,1	3,1	1 420	11,1	3,28	54,7	48,1	0,215	7,41	12,3
140	140	66	5,7	8,6	5,7	3,4	1 820	14,3	5,73	81,9	56,1	0,352	10,7	14,0
160	160	74	6,3	9,5	6,3	3,8	2 280	17,9	9,35	117	64	0,547	14,8	15,5
180	180	82	6,9	10,4	6,9	4,1	2 790	21,9	14,5	161	72	0,813	19,8	17,1
200	200	90	7,5	11,3	7,5	4,5	3 340	26,2	21,4	214	80	1,17	26,0	18,7
220	220	98	8,1	12,2	8,1	4,9	3 950	31,1	30,6	278	88	1,62	33,1	20,2
240	240	106	8,7	13,1	8,7	5,2	4 610	36,2	42,5	354	95,9	2,21	41,7	22,0
260	260	113	9,4	14,1	9,4	5,6	5 330	41,9	57,4	442	104	2,88	51,0	23,2
280	280	119	10,1	15,2	10,1	6,1	6 100	47,9	75,9	542	111	3,64	61,2	24,5
300	300	125	10,8	16,2	10,8	6,5	6 900	54,2	98,0	653	119	4,51	72,2	25,6
320	320	131	11,5	17,3	11,5	6,9	7 770	61,0	125,1	782	127	5,55	84,7	26,7
340	340	137	12,2	18,3	12,2	7,3	8 670	68,0	157,0	923	135	6,74	98,4	28,0
360	360	143	13,0	19,5	13,0	7,8	9 700	76,1	196,1	1 090	142	8,18	114	29,0
380	380	149	13,7	20,5	13,7	8,2	10 700	84,0	240,1	1 260	150	9,75	131	30,2
400	400	155	14,4	21,6	14,4	8,6	11 800	92,4	292,1	1 460	157	11,6	149	31,3
425	425	163	15,3	23,0	15,3	9,2	13 200	104,0	369,7	1 740	167	14,4	176	33,0
450	450	170	16,2	24,3	16,2	9,7	14 700	115,0	458,5	2 040	177	17,3	203	34,3
475	475	178	17,1	25,6	17,1	10,3	16 300	128,0	564,8	2 380	186	20,9	235	36,0
500	500	185	18,0	27,0	18,0	10,8	17 900	141,0	687,4	2 750	196	24,8	268	37,2
550	550	200	19,0	30,0	19,0	11,9	21 200	166,0	991,8	3 610	216	34,9	349	40,2
600	600	215	21,6	32,4	21,6	13,0	25 400	199,0	1 390	4 630	234	46,7	434	43,0

4.4 Geniş kuşaklı standart IPB-Profilı

Tablo 21, Geniş kuşaklı standart IPB-Profili değerleri

Sıcak haddelenmiş standart geniş kuşaklı I-Profilinin ölçülerine göre belirtilmesi şu şekilde yapılır:



Şekil 51, Standart IPB-Profili

Profilin yüksekliği mm olarak $h = 200$

Malzeme St 37-2

Malzeme numarası DIN'e göre 1.0037

I-Profilinin tanımı:

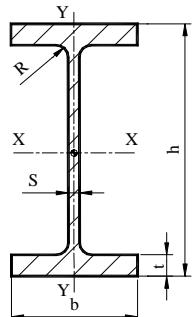
I-Profili DIN 1025 - St 37-2 - IPB200 veya

I-Profili DIN 1025 - 1.0037 - IPB200

Kısa tanımı IPB	Çeşitli boyutlar					Kesit alanı A mm^2	Ağır- lığı m_I kg/m	Eğilme eksene göre atalet ve mukavemet momentleri					
	h mm	b mm	s mm	t mm	R mm			X - X			Y - Y		
								I_x 10^6 mm^4	W_x 10^3 mm^3	i_x mm	I_y 10^6 mm^4	W_y 10^3 mm^3	i_y mm
100	100	100	6,0	10,0	12	2 600	20,4	4,5	89,9	41,6	1,67	33,5	25,3
120	120	120	6,5	11,0	12	3 400	26,7	8,64	144	50,4	3,18	52,9	30,6
140	140	140	7,0	12,0	12	4 300	33,7	15,1	216	59,3	5,5	78,5	35,8
160	160	160	8,0	13,0	15	5 430	42,6	24,9	311	67,8	8,89	111	40,5
180	180	180	8,5	14,0	15	6 530	51,2	38,3	426	76,6	13,6	151	45,7
200	200	200	9,0	15,0	18	7 810	61,3	57,0	570	85,4	20	200	50,7
220	220	220	9,5	16,0	18	9 100	71,5	80,9	736	94,3	28,4	258	55,9
240	240	240	10,0	17,0	21	10 600	83,2	112,6	938	103	39,2	327	60,8
260	260	260	10,0	17,5	24	11 800	93	149,2	1 150	112	51,3	395	65,8
280	280	280	10,5	18,0	24	13 100	103	192,7	1 380	121	65,9	471	70,9
300	300	300	11,0	19,0	27	14 900	117	251,7	1 680	130	85,6	571	75,8
320	320	320	11,5	20,5	27	16 100	127	308,2	1 930	138	92,4	616	75,7
340	340	300	12,0	21,5	27	17 100	134	366,6	2 160	146	96,9	646	75,3
360	360	300	12,5	22,5	27	18 100	142	431,9	2 400	155	101,4	676	74,9
400	400	300	13,5	24,0	27	19 800	155	576,8	2 880	171	108,2	721	74
450	450	300	14,0	26,0	27	21 800	171	798,9	3 550	191	117,2	781	73,3
500	500	300	14,5	28,0	27	23 900	187	1 072	4 290	212	126,2	842	72,7
550	550	300	15,0	29,0	27	25 400	199	1 367	4 970	232	130,8	872	71,7
600	600	300	15,5	30,0	27	27 000	212	1 710	5 700	252	135,3	902	70,8

4.5 Dar kuşaklı standart IPE-Profilı

Tablo 22, Dar kuşaklı standart IPE-Profilı değerleri



Şekil 52, Standart IPE-Profilı

Sıcak haddelenmiş standart dar kuşaklı I-Profilinin ölçülerine göre belirtilmesi şu şekilde yapılır:

Profilin yüksekliği mm olarak $h = 200$

Malzeme **St 37-2**

Malzeme numarası DIN'e göre **1.0037**

I-Profilinin tanımı:

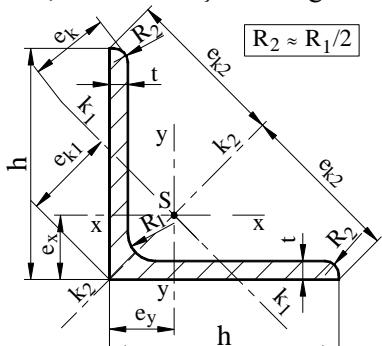
I-Profili DIN 1025 - St 37-2 - IPE200 veya

I-Profili DIN 1025 - 1.0037 - IPE200

Kısa tanımı IPE	Çeşitli boyutlar					Kesit alanı A mm^2	Ağır- lığı m_I kg/m	Eğilme eksenine göre atalet ve mukavemet momentleri			
	h mm	b mm	s mm	t mm	R mm			$x - x$ I_x 10^6 mm^4	W_x 10^3 mm^3	$y - y$ I_y 10^6 mm^4	W_y 10^3 mm^3
80	80	46	3,8	5,2	5	764	6,0	0,801	20	0,085	3,69
100	100	55	4,1	5,7	7	1030	8,1	1,71	34,2	0,159	5,79
120	120	64	4,4	6,3	7	1320	10,4	3,18	53,0	0,277	8,65
140	140	73	4,7	6,9	7	1640	12,9	5,41	77,3	0,449	12,3
160	160	82	5,0	7,4	9	2010	15,8	8,69	109	0,683	16,7
180	180	91	5,3	8,0	9	2390	18,8	13,2	146	1,01	22,2
200	200	100	5,6	8,5	12	2850	22,4	19,4	194	1,42	28,5
220	220	110	5,9	9,2	12	3340	26,2	27,7	252	2,05	37,3
240	240	120	6,2	9,8	15	3910	30,7	38,9	324	2,84	47,3
270	270	135	6,6	10,2	15	4590	36,1	57,9	429	4,20	62,2
300	300	150	7,1	10,7	15	5380	42,2	83,6	557	6,04	80,5
330	330	160	7,5	11,5	18	6260	49,1	117,7	713	7,88	98,5
360	360	170	8,0	12,7	18	7270	57,1	162,7	904	10,4	123
400	400	180	8,6	13,5	21	8450	66,3	231,3	1160	13,2	146
450	450	190	9,4	14,6	21	9880	77,6	337,4	1500	16,8	176
500	500	200	10,2	16,0	21	11600	90,7	482,0	1930	21,4	214
550	550	210	11,1	17,2	24	13400	106	671,2	2440	26,7	254
600	600	220	12,0	19,0	24	15600	122	920,8	3070	33,9	308

4.6 Standart Köşebent

Tablo 23, Standart Köşebent değerleri



Şekil 53, Standart Köşebent

Sıcak haddelenmiş standart köşebent profili ölçülerine göre belirtilmesi şu şekilde yapılır:

Profilin yüksekliği mm olarak $h = 100$

Profilin kalınlığı mm olarak $t = 10$

Malzeme St 37-2

Malzeme numarası DIN'e göre 1.0037

Köşebentin tanımı:

Köşebent- St 37-2 – 100x10

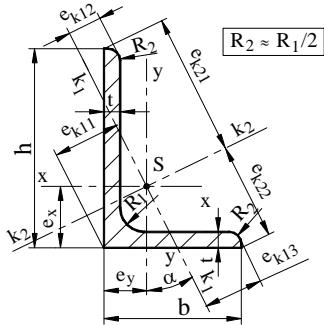
$$e_x = e_y \quad e_{k1} = h / \sqrt{2} \quad e_{k2} = \sqrt{2} \cdot e_x$$

$$e_k = R_2 + 0,5 \cdot \sqrt{2} \cdot [h + t - 2 \cdot (e_x + R_2)]$$

Kısa tanımı	Çeşitli boyutlar			Ağırlığı m kg/m	Kesitalanı A mm²	Eğilme eksene göre atalet ve mukavemet momentleri						
	h mm	t mm	R ₁ mm			x - x / y - y	I _{k1} 10 ³ mm ⁴	W _x 10 ³ mm ³	I _{k2} 10 ³ mm ⁴	W _{k1} 10 ³ mm ³	I _{k2} 10 ³ mm ⁴	W _{k2} 10 ³ mm ³
20x20x3	20	3	3,5	0,88	112	5,97	3,908	0,28	6,19	0,93	1,5	0,18
25x25x3	25	3	3,5	1,12	142	7,22	8,016	0,45	12,70	1,51	3,1	0,3
30x30x3	30	3	5	1,36	174	8,35	14,0	0,65	22,25	2,16	5,7	0,48
35x35x4	35	4	5	2,09	267	10,02	29,5	1,18	46,77	3,95	12,4	0,88
40x40x4	40	4	6	2,42	308	11,19	44,7	1,55	70,83	5,17	18,6	1,18
45x45x5	45	5	7	3,38	430	12,78	78,3	2,43	124	8,1	32,5	1,80
50x50x5	50	5	7	3,77	480	14,03	109,5	3,05	174	10,2	45,9	2,32
60x60x6	60	6	8	5,42	691	16,86	227,7	5,28	361	17,6	94,3	3,95
70x70x7	70	7	9	7,38	940	19,69	422,6	8,40	670	28,1	176	6,31
80x80x8	80	8	10	9,63	1227	22,53	721,8	12,56	1144	42	296	9,25
90x90x9	90	9	11	12,18	1552	25,36	1157,3	17,90	1834	60	478	13,3
100x100 x10	100	10	12	15,04	1915	28,19	1765,3	24,58	2798	82	733	28,4
120x120 x12	120	12	13	21,62	2754	33,92	3673,8	42,68	5823	143	1520	31,6
130x130x12	130	12	14	23,53	2997	36,36	4718,4	50,39	7478	169	1940	37,7
150x150x15	150	15	16	33,77	4302	42,42	8973,5	83,41	14222	279	3700	61,6
160x160x15	160	15	17	36,16	4606	44,86	10980	95,36	17403	319	4530	71,3
180x180x18	180	18	18	48,60	6191	50,98	18642	144,49	29546	484	7570	105
200x200x20	200	20	18	59,93	7635	56,75	28487	198,87	45149	667	11600	144

4.7 L-Profil

Tablo 4.2, L-Profilin değerleri



Sekil 54, L-Profil

Sıcak haddelenmiş L-Profilinin ölçülerine göre belirtilmesi şu şekilde yapılır:

L-Profil - St 37-2 – 100x50x10

$$e_{k11} = e_x \cdot \sin\alpha + e_y \cdot \cos\alpha$$

$$e_{k12} = R_2 + (h - e_x - R_2) \sin\alpha - (e_y - t + R_2) \cos\alpha$$

$$e_{k13} = R_2 + (b - e_y - R_2) \cos\alpha - (e_x - t + R_2) \sin\alpha$$

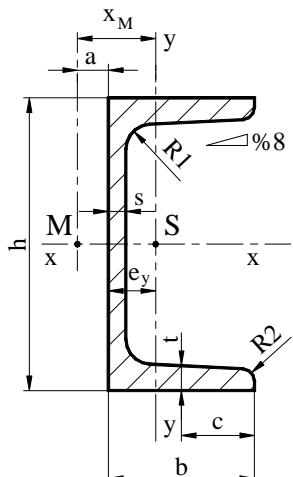
$$e_{k21} = e_y \cdot \sin\alpha + (h - e_x) \cdot \cos\alpha$$

$$e_{k22} = e_x \cdot \cos\alpha + (b - e_y) \cdot \sin\alpha$$

L-Profilinin tanımı	Ölçüler					konumu mu k ₂ tan α	Eğilme eksenine göre atalet ve mukavemet momentleri									
	R ₁ mm	A mm ²	m _I kg/m	e _x mm	e _y mm	I _x cm ⁴	W _x cm ³	i _x cm	I _y cm ⁴	W _y cm ³	i _y cm	I _{k1} cm ⁴	i _{k1} cm	I _{k2} cm ⁴	i _{k2} cm	
30x20x4	3,5	1,85	1,45	1,03	0,54	0,423	1,59	0,81	0,93	0,55	0,38	0,55	1,81	0,99	0,33	0,42
40x20x4	3,5	2,25	1,77	1,47	0,48	0,252	3,59	1,42	1,26	0,60	0,39	0,52	3,79	1,30	0,39	0,42
45x30x5	4,5	3,53	2,77	1,52	0,78	0,430	6,99	2,35	1,41	2,47	1,11	0,84	8,02	1,51	1,44	0,64
50x40x5	4	4,27	3,35	1,56	1,07	0,625	10,4	3,02	1,56	5,89	2,01	1,18	13,3	1,76	3,02	0,84
60x30x5	6	4,29	3,37	2,15	0,68	0,256	15,6	4,04	1,90	2,60	1,12	0,78	16,5	1,96	1,69	0,63
60x40x6	6	5,68	4,46	2,00	1,01	0,433	20,1	5,03	1,88	7,12	2,38	1,12	23,1	2,02	4,12	0,85
60x50x5	6	5,54	4,35	1,99	1,25	0,583	23,1	5,11	2,04	11,9	3,18	1,47	28,8	2,28	6,21	1,06
70x50x6	6	6,88	5,40	2,34	1,25	0,497	33,5	7,04	2,21	14,3	3,81	1,44	39,9	2,41	7,94	1,07
75x50x7	6,5	8,30	6,51	2,48	1,25	0,433	46,4	9,24	2,36	16,5	4,39	1,41	53,3	2,53	9,56	1,07
75x55x5	7	6,30	4,95	2,31	1,33	0,530	35,5	6,84	2,37	16,2	3,89	1,60	43,1	2,61	8,68	1,17
75x55x7	7	8,66	6,80	2,40	1,41	0,525	47,9	9,39	2,35	21,8	5,52	1,59	57,9	2,59	11,8	1,17
80x40x6	7	6,89	5,41	2,85	0,88	0,259	44,9	8,73	2,55	7,59	2,44	1,05	47,6	2,63	4,9	0,84
80x40x8	7	9,01	7,07	2,94	0,95	0,253	57,6	11,4	2,53	9,68	3,18	1,04	60,9	2,60	6,41	0,84
80x65x8	8	11,0	8,66	2,47	1,73	0,645	68,1	12,3	2,49	40,1	8,41	1,91	88,0	2,82	20,3	1,36
90x60x6	7	8,69	6,92	2,89	1,41	0,442	71,7	11,73	2,87	25,8	5,61	1,72	82,8	3,09	14,6	1,30
90x60x8	7	11,4	8,96	2,97	1,49	0,437	92,5	15,4	2,85	33,0	7,31	1,70	107	3,06	19,0	1,29
100x50x6	9	8,73	6,85	3,49	1,04	0,263	89,7	13,8	3,20	15,3	3,86	1,32	95,2	3,30	9,78	1,06
100x50x8	9	11,5	8,99	3,59	1,13	0,258	116	18,0	3,18	19,5	5,04	1,31	123	3,28	12,6	1,05
100x50x10	9	14,1	11,1	3,67	1,20	0,252	141	22,2	3,16	23,4	6,17	1,29	149	3,25	15,5	1,04
100x65x9	10	14,2	11,1	3,32	1,59	0,415	141	21,0	3,15	46,7	9,52	1,82	160	3,36	27,2	1,39
100x75x9	10	15,1	11,8	3,15	1,91	0,549	148	21,5	3,13	71,0	12,7	2,17	181	3,47	37,8	1,59
120x80x8	11	15,5	12,2	3,83	1,87	0,441	226	27,6	3,82	80,8	13,2	2,29	261	4,10	45,8	1,72
120x80x10	11	19,1	15,0	3,92	1,95	0,438	276	34,1	3,80	98,1	16,2	2,27	318	4,07	56,1	1,71
120x80x12	11	22,7	17,8	4,00	2,03	0,433	323	40,4	3,77	114	19,3	2,25	371	4,04	66,1	1,71
130x65x10	11	18,6	14,6	4,65	1,45	0,259	321	38,4	4,15	54,2	10,7	1,71	340	4,27	35,0	1,37
150x100x10	13	24,2	19,0	4,80	2,34	0,442	552	54,1	4,78	198	25,8	2,86	637	5,33	112	2,15
150x100x12	13	28,7	22,6	4,89	2,42	0,439	650	64,2	4,76	232	30,6	2,84	749	5,10	132	2,15
180x 90x10	14	26,2	20,6	6,28	1,85	0,262	880	75,1	5,80	151	21,2	2,40	934	5,97	97,4	1,93
200x100x10	15	29,2	23,0	6,93	2,01	0,266	1220	93,2	6,46	210	26,3	2,68	1300	6,66	133	2,14

4.8 U – profili

Tablo 24, U – profili değerleri

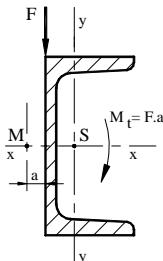


Şekil 55, U-profil

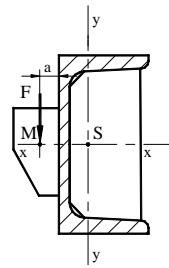
Sıcak haddelenmiş U – profilinin ölçülerine göre belirtilmesi şu şekilde yapılır: U - profili – St 37-2 – U-100

Eğim $h > 300$ mm için %5 dir.

c ölçüsü : $h \leq 300$ mm $c=0,5.b$
 $h > 300$ mm $c=0,5.(b-s)$



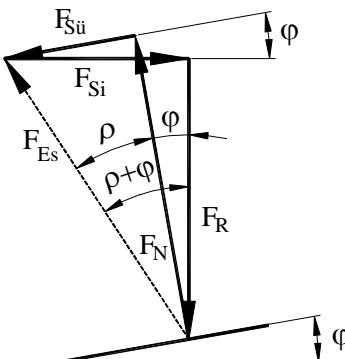
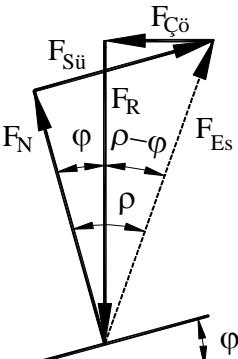
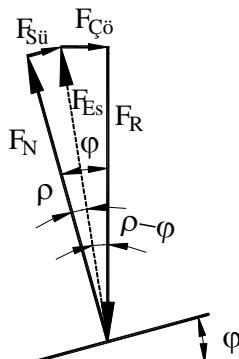
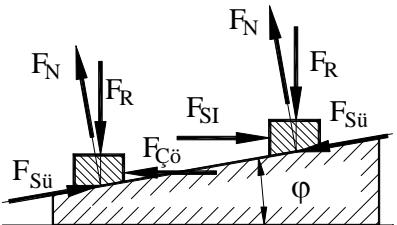
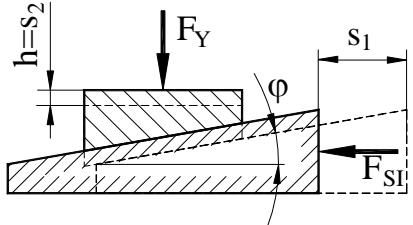
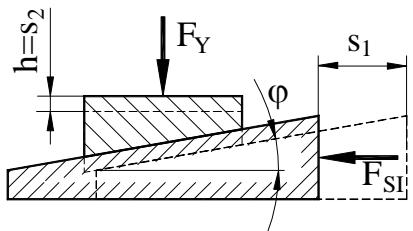
Şekil 56, Tekniğine uygun değil

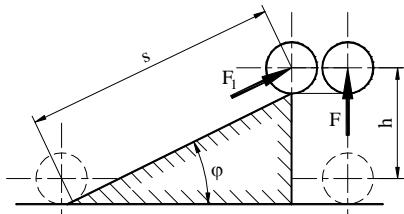
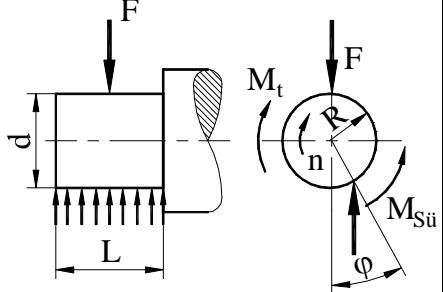
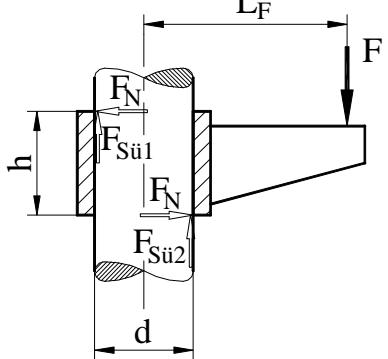
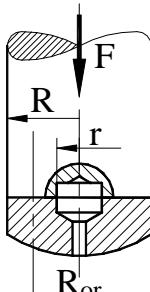


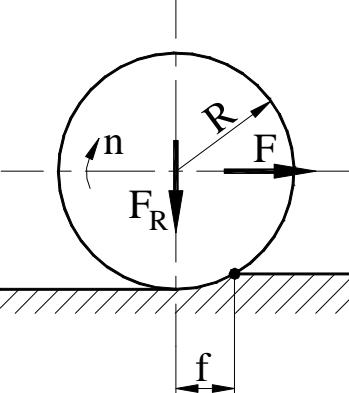
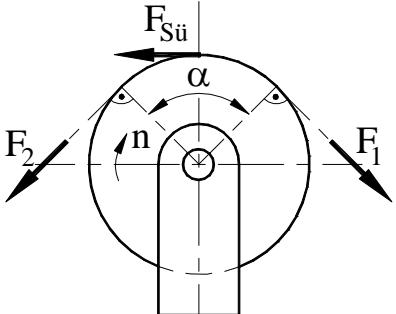
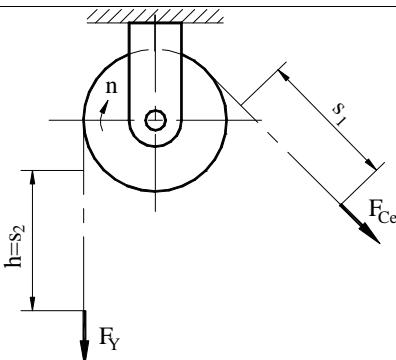
Şekil 57, Tekniğine uygun

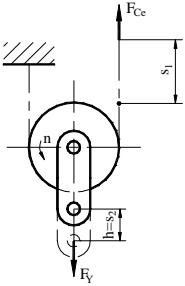
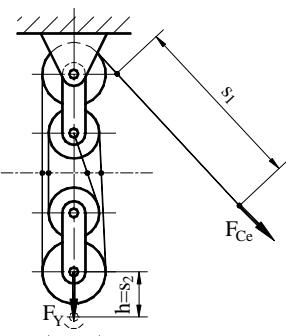
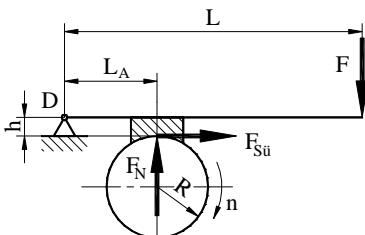
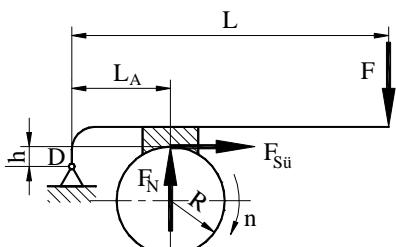
U-Profilin tanımı	Ölçüler							Eğilme eksenine göre atalet ve mukavemet momentleri							
					x – x			x – y			Ölçüler				
	h mm	b mm	s mm	t=R ₁ mm	A cm ²	m kg/m	I _x cm ⁴	W _x cm ³	i _x cm	I _y cm ⁴	W _y cm ³	i _y cm	e _y cm	x _M cm	
30x15	30	15	4	4,5	2,21	1,74	2,53	1,69	1,07	0,38	0,39	0,42	0,52	0,74	
30	30	33	5	7	5,44	4,27	6,39	4,26	1,08	5,33	2,68	0,99	1,31	2,22	
40x20	40	20	5	5,5	3,66	2,87	7,58	3,79	1,44	1,14	0,86	0,56	0,67	1,01	
40	40	35	5	7	6,21	4,87	14,1	7,05	1,50	6,68	3,08	1,04	1,33	2,32	
50x25	50	25	5	6	4,92	3,86	16,9	6,73	1,85	2,49	1,48	0,71	0,81	1,34	
50	50	38	5	7	7,12	5,59	26,4	10,6	1,92	9,12	3,75	1,13	1,37	2,47	
60	60	30	6	6	6,46	5,07	31,6	10,5	2,21	4,51	2,16	0,84	0,91	1,50	
65	65	42	5,5	7,5	9,03	7,09	57,5	17,7	2,52	14,1	5,07	1,25	1,42	2,60	
80	80	45	6	8	11,0	8,64	106	26,5	3,10	19,4	6,36	1,33	1,45	2,67	
100	100	50	6	8,5	13,5	10,6	206	41,2	3,91	29,3	8,49	1,47	1,55	2,93	
120	120	55	7	9	17,0	13,4	364	60,7	4,62	43,2	11,1	1,59	1,60	3,03	
140	140	60	7	10	20,4	16,0	605	86,4	5,45	62,7	14,8	1,75	1,75	3,37	
160	160	65	7,5	10,5	24,0	18,8	925	116	6,21	85,3	18,3	1,89	1,84	3,56	
180	180	70	8	11	28,0	22,0	1350	150	6,95	114	22,4	2,02	1,92	3,75	
200	200	75	8,5	11,5	32,2	25,3	1910	191	7,70	148	27,0	2,14	2,01	3,94	
220	220	80	9	12,5	37,4	29,4	2690	245	8,48	197	33,6	2,30	2,14	4,20	
240	240	85	9,5	13	42,3	33,2	3600	300	9,22	248	29,6	2,42	2,23	4,39	
260	260	90	10	14	48,3	37,9	4820	371	9,99	317	47,7	2,56	2,36	4,66	
280	280	95	10	15	53,3	41,8	6280	448	10,9	399	57,2	2,74	2,53	5,02	
300	300	100	10	16	58,8	46,2	8030	535	11,7	495	67,8	2,90	2,70	5,41	
320	320	100	14	17,5	75,8	59,5	10870	679	12,1	597	80,6	2,81	2,60	4,82	
350	350	100	14	16	77,3	60,6	12840	734	12,9	570	75,0	2,72	2,40	4,45	
380	380	112	13,5	16	80,4	63,1	15760	829	14,0	615	78,7	2,77	2,38	4,58	
400	400	110	14	18	91,5	71,8	20350	1020	14,9	846	102	3,04	2,65	5,11	

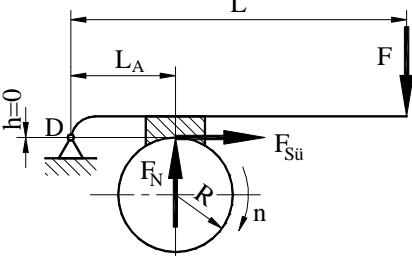
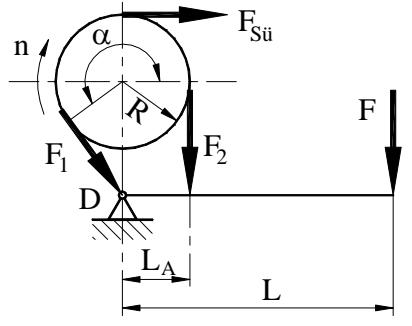
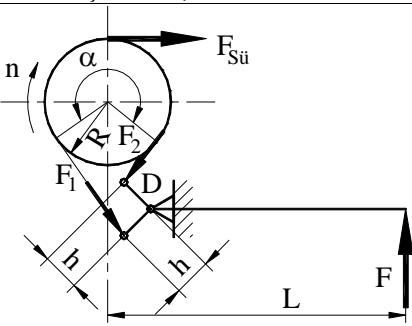
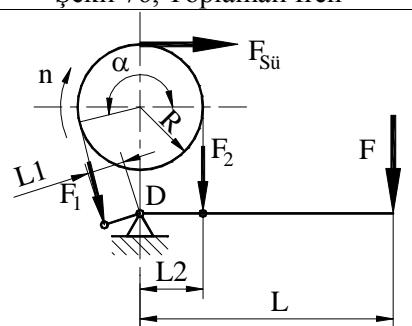
5 Çeşitli formüller

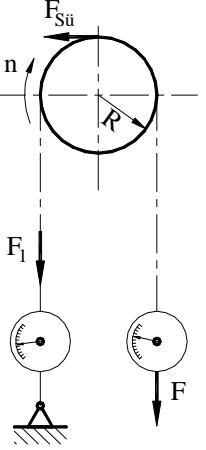
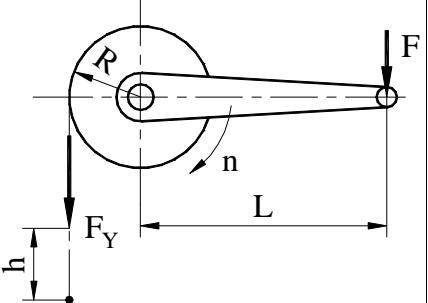
Sekil	Formüller
	Bu formüllerdeki birimler: boyutlar = m ; kuvvet = N ; zaman = s olarak verilmiştir. Eğer sürtünme etkisi yok kabul edilirse $\eta = 1$ alınır. Örneğin: devir sayısı $n = s^{-1}$, hız $v = m/s$, basınç $p = N/m^2$
5.1 Kama	
Tek ve çeşitli konstrüksiyonlarda kullanılan, ilk konstrüksiyon elemanı.	
 Şekil 58, Sıkıştırma	 Şekil 59, Çözme (kilitlenmeli)
	 Şekil 60, Çözme (kilitlenmesiz)
ÇÖZME  SIKİSTIRMA  Şekil 61, Kuvvetler	$\rho = \tan \mu$ $\tan \rho = \mu$ Sürtünme kuvveti: $F_{Sü} = F_R \cdot \tan \varphi$ Sıkıştırma kuvveti: $F_{S1} = F_R \cdot \tan(\varphi + \rho)$ Çözme kuvveti: $F_{Cö} = F_R \cdot \tan(\varphi - \rho)$ Sıkıştırmada verim: $\eta = \frac{\tan \varphi}{\tan(\varphi + \rho)}$ Kilitlenme: $\rho \geq \varphi$ Hareket boyları: $s_2 = s_1 \cdot \tan \varphi$ Boy ve hareket orantıları: $\frac{F_{S1}}{h} = \frac{F_Y}{s_1}$ Yük kuvveti $F_Y = F_R$ Radyal kuvvet
 Şekil 62, Hareket boyları	

Şekil	Formüller
 Şekil 63, Eğik düzlemler	5.2 Eğik düzlemler $F = m \cdot g$ $\sin \varphi = h / s$ Kuvvet yol orantıları: $F \cdot h = F_1 \cdot s$ Eğik düzlemedeki kuvvet $F_1 = F \cdot \sin \varphi$ Yapılan iş veya depolanan enerji: $W = F \cdot h$
 Şekil 64, Radyal kaygan yatak	5.3 Kaygan yatak, radyal Ortalama yüzey basıncı $p_{\text{or}} = \frac{F}{d \cdot L} \leq p_{\text{EM}}$ Sürtünme momenti: $M_{\text{Sü}} = F \cdot R \cdot \mu$ μ = Yataktaki sürtünme katsayısı Açı hızı $\omega = 2 \cdot \pi \cdot n$ Sürtünme gücü $P_{\text{Sü}} = M_{\text{Sü}} \cdot \omega = F \cdot d \cdot \mu \cdot \pi \cdot n$
 Şekil 65, Göbekin yüksekliği	5.4 Kaygan yatak, göbek yüksekliği $h < 2 \cdot \mu \cdot L_F$ ise göbek sıkışır, $h > 2 \cdot \mu \cdot L_F$ ise göbek sıkışmaz, kayar.
 Şekil 66, Eksenel kaygan yatak	5.5 Kaygan yatak, eksenel Sürtünme momenti: $M_{\text{Sü}} \approx F \cdot \mu \cdot R_{\text{or}}$ $M_{\text{Sü}} = \frac{2}{3} F \cdot \mu \cdot \frac{R^3 - r^3}{R^2 - r^2}$ Eğer mil dolu ise $M_{\text{Sü}} = \frac{2}{3} F \cdot \mu \cdot R$ Sürtünme gücü $P_{\text{Sü}} = M_{\text{Sü}} \cdot \omega$

Şekil	Formüller								
 <p>Şekil 67, Yuvarlanma direnci</p>	<p>5.6 Yuvarlanma direnci</p> $F = F_R \cdot \frac{f}{R}$ <p>Yuvarlanma şartı: $F_{\text{Sü}} < \mu_0 \cdot F_N$ veya $F / R < \mu_0$</p> <p>Çelik tekerlek, çelik rayda $f \approx 0,5 \text{ mm}$ Vinçteki tekerlekler çelik ray üzerinde Tekerlek yüzeyi sertleştirilmiş $f \approx 0,05 \dots 0,1 \text{ mm}$</p> <p>Düz olarak harekette hava direnci dışında yuvarlanma direnci ve yataklardaki sürtünme direnci hareket direnci (μ_{hd}) olarak beraber hesaplanır ve şöyledir:</p> <table> <tr> <td>Tiren</td> <td>$\mu_{\text{hd}} \approx 0,0025$</td> </tr> <tr> <td>Rulman yataklı tramvay</td> <td>$\mu_{\text{hd}} \approx 0,005$</td> </tr> <tr> <td>Kaygan yataklı tramvay</td> <td>$\mu_{\text{hd}} \approx 0,018$</td> </tr> <tr> <td>Kamyon ve ağır vasıta asfaltta</td> <td>$\mu_{\text{hd}} \approx 0,025$</td> </tr> </table>	Tiren	$\mu_{\text{hd}} \approx 0,0025$	Rulman yataklı tramvay	$\mu_{\text{hd}} \approx 0,005$	Kaygan yataklı tramvay	$\mu_{\text{hd}} \approx 0,018$	Kamyon ve ağır vasıta asfaltta	$\mu_{\text{hd}} \approx 0,025$
Tiren	$\mu_{\text{hd}} \approx 0,0025$								
Rulman yataklı tramvay	$\mu_{\text{hd}} \approx 0,005$								
Kaygan yataklı tramvay	$\mu_{\text{hd}} \approx 0,018$								
Kamyon ve ağır vasıta asfaltta	$\mu_{\text{hd}} \approx 0,025$								
 <p>Şekil 68, Makarada sürtünme kuvveti</p>	<p>5.7 Makarada sürtünme kuvveti</p> <p>Çeken kuvvet: $F_1 = F_2 \cdot e^{\mu \alpha}$</p> <p>$\mu$ Sürtünme katsayı α değme açısı radyan olarak, yani $\alpha = \alpha^\circ \pi / 180^\circ$</p> <p>Halat, kayış ve bantlı tekerlein taşıyabileceği sürtünme kuvveti:</p> $F_{\text{Sü}} = F_1 - F_2 = F_1 \cdot (e^{\mu \alpha} - 1) = F_2 \frac{(e^{\mu \alpha} - 1)}{e^{\mu \alpha}}$								
<p>5.8 Palangalar</p>  <p>Şekil 69, Sabit makara</p>	<p>5.8.1 Sabit makarada çekme kuvveti</p> <p>Çekme kuvveti: $F_{\text{Ce}} = \frac{F_Y}{\eta}$</p> <p>Çekme boyu: $s_1 = s_2 = h$</p> <p>Yapılan iş veya depolanan enerji: $W = F_Y \cdot h$</p>								

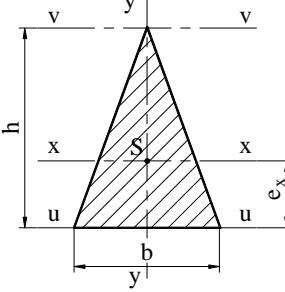
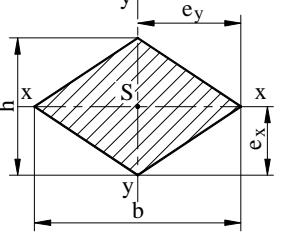
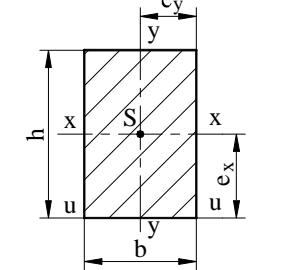
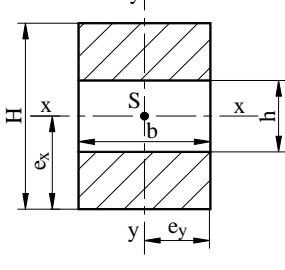
Şekil	Formüller
 <p>Şekil 70, Hareketli makara</p>	<p>5.8.2 Hareketli makarada çekme kuvveti</p> <p>Çekme kuvveti: $F_{Ce} = \frac{F_Y}{2 \cdot \eta}$</p> <p>Kaldırma yüksekliği: $h = s_2 = s_1 / 2$</p> <p>Yapılan iş veya depolanan enerji: $W = F_Y \cdot h$</p>
 <p>Şekil 71, Çok makaralı palanga</p>	<p>5.8.3 Çok makaralı palanga</p> <p>m sabit ve hareketli makara sistemleri arasında konulan düzlemin halatlar tarafından delimme sayısı. Yük taşıyan halat sayısı. Şekilde bu 4 dür.</p> <p>Çekme kuvveti: $F_{Ce} = \frac{F_Y}{m \cdot \eta_M} = F_Y \cdot \frac{1 - \eta}{\eta \cdot (1 - \eta^m)}$</p> <p>Kaldırma yüksekliği: $h = s_2 = s_1 / m$</p> <p>$s_1 = m \cdot s_2$</p> <p>bir makarada verim: $\eta_M = \frac{\eta \cdot (1 - \eta^m)}{m \cdot (1 - \eta)}$</p> <p>Burada bir makara için $\eta_M \approx 0,96$ değeri önerilir.</p>
<p>5.9 Fren veya Kaldırıcı</p> <p>F Fren kuvveti ; M_F Fren momenti ; P_M Mildeki güç ; α değişim açısı radyan</p>  <p>Şekil 72, Dayanma noktası sürtünme düzleminin üzerinde</p>	<p>5.9.1 Dayanma noktası sürtünme düzleminin üzerinde</p> $F = F_N \frac{L_A \pm \mu \cdot h}{L}$ <p>+ sağa dönüştür - sola dönüştür</p> <p>Sola dönüştür kitlenme şartı: $L_A < \mu \cdot h$</p> <p>Fren momenti $M_F = F_{Su} \cdot R = F_N \cdot \mu \cdot R$</p>
 <p>Şekil 73, Dayanma noktası sürtünme düzleminin altında</p>	<p>5.9.2 Dayanma noktası sürtünme düzleminin altında</p> $F = F_N \frac{L_A \mp \mu \cdot h}{L}$ <p>- sağa dönüştür + sola dönüştür</p> <p>Sağda dönüştür kitlenme şartı: $L_A < \mu \cdot h$</p> <p>Fren momenti $M_F = F_{Su} \cdot R = F_N \cdot \mu \cdot R$</p>

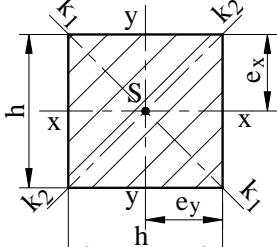
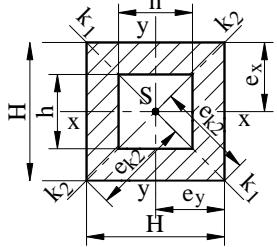
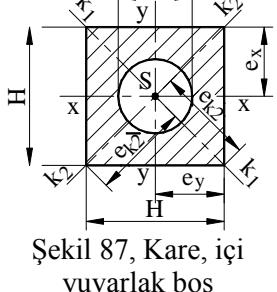
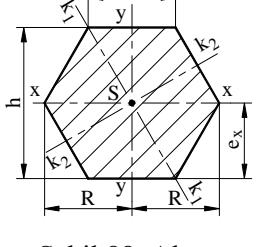
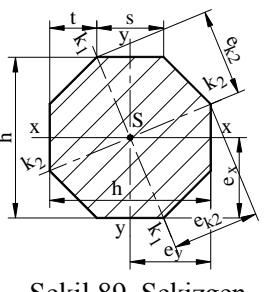
Şekil	Formüller
 <p>Şekil 74, Dayanma noktası sürtünme düzleminle aynı</p>	5.9.3 Dayanma noktası sürtünme düzleminle aynı $F = F_N \frac{L_A}{L}$ Kitlenme olamaz Fren momenti $M_F = F_{Sü} \cdot R = F_N \cdot \mu \cdot R$
 <p>Şekil 75, Basit fren</p>	5.9.4 Basit fren Fren momenti: $M_F = F_{Sü} \cdot R = F \cdot R \cdot \frac{L}{L_A} \cdot (e^{\mu\alpha} - 1)$
 <p>Şekil 76, Toplamalı fren</p>	5.9.5 Toplamalı fren Fren momenti: $M_F = F_{Sü} \cdot R = F \cdot R \cdot \frac{L}{h} \cdot \frac{e^{\mu\alpha} - 1}{e^{\mu\alpha} + 1}$
 <p>Şekil 77, Çıkmalı fren</p>	5.9.6 Çıkmalı fren Fren momenti: $M_F = F_{Sü} \cdot R = F \cdot R \cdot L \cdot \frac{e^{\mu\alpha} - 1}{L_2 - L_1 \cdot e^{\mu\alpha}}$

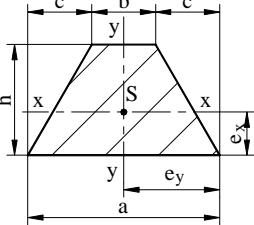
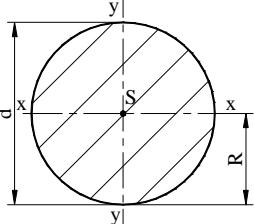
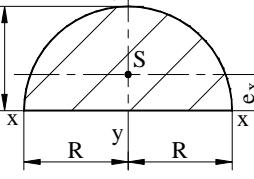
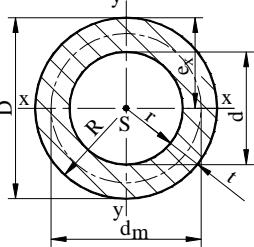
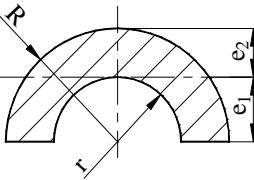
Şekil	Formüller
 Şekil 78, Sürtünme katsayısının bulunması	<p>5.9.7 Sürtünme katsayısının bulunması</p> <p>Sürtünme kuvveti $F_{\text{Su}} = F - F_I$</p> <p>Sürtünme katsayı $\mu \approx \frac{F_{\text{Su}}}{2 \cdot F}$</p> <p>Sürtünme açısı $\rho \approx a \tan \mu$</p>
5.10 Çırıklar	<p>5.10.1 Çırık, basit</p> <p>Kuvvet yol (Moment) : $F \cdot L = F_Y \cdot R$</p> <p>Kaldırma yüksekliği: $h = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot n$</p> <p>Yapılan iş : $W = F_Y \cdot h$</p>
 Şekil 79, Basit çırık	<p>5.10.2 Çırık, dişli sistemi</p> <p>Kuvvet yol (Moment) : $F \cdot L \cdot \frac{R_2}{R_1} = F_Y \cdot R_T$</p> <p>Kaldırma yüksekliği: $h = 2 \cdot \pi \cdot R_T \cdot n \cdot R_1 / R_2$</p> <p>Yapılan iş : $W = F_Y \cdot h$</p>

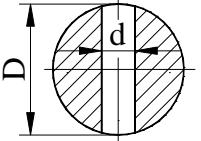
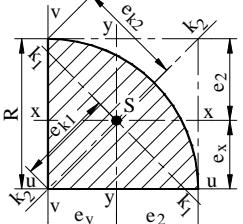
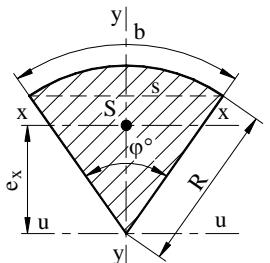
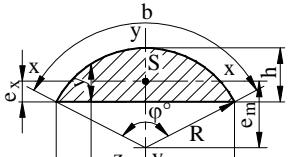
6 Çeşitli kesittlerin alanı, eğilme atalet ve mukavemet momentleri

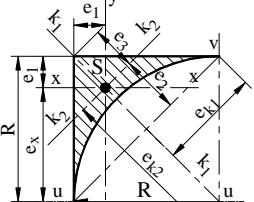
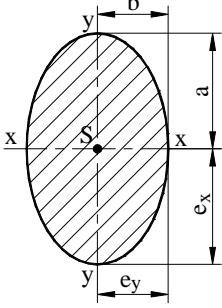
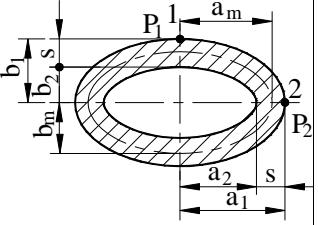
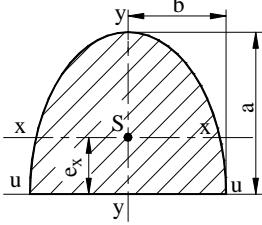
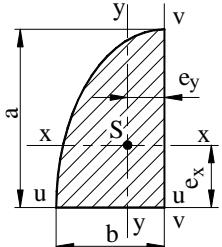
Tablo 25, Çeşitli kesittlerin eğilme atalet ve mukavemet momentleri

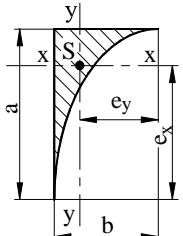
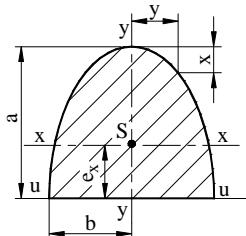
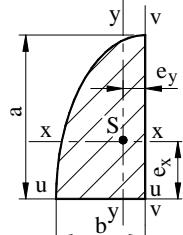
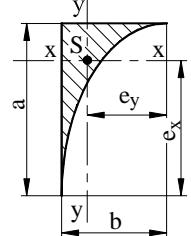
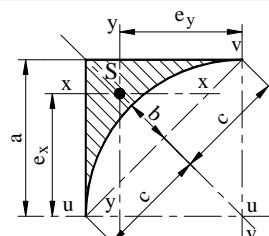
Kesit	Formüller
 <p>Şekil 81, Üçgen</p>	6.1 Üçgen $A = b \cdot h / 2$ $e_x = h / 3$ $I_x = b \cdot h^3 / 36$ $I_y = b^3 \cdot h / 36$ $I_u = b \cdot h^3 / 12$ $I_v = b \cdot h^3 / 4$ $W_x = b \cdot h^2 / 24$ $W_y = b^2 \cdot h / 24$
Eşkenar üçgende: $h = 0,8660.b$ $A = 0,4330.b^2$	$e_x = 0,2887.b$ $e_y = 0,5.b$ $I_x = 0,01804.b^4$ $I_y = I_x$ $W_x = 0,03125.b^3$ $W_y = 0,03608.b^3$
 <p>Şekil 82,</p>	6.2 Rombus $A = b \cdot h / 2$ $e_x = h / 2$ $e_y = b / 2$ $I_x = b \cdot h^3 / 48$ $I_v = b^3 \cdot h / 48$ $W_x = b \cdot h^2 / 24$ $W_y = b^2 \cdot h / 24$
 <p>Şekil 83, Dikdörtgen</p>	6.3 Dikdörtgen $A = b \cdot h$ $e_x = h / 2$ $e_y = b / 2$ $I_x = b \cdot h^3 / 12$ $I_v = b^3 \cdot h / 12$ $I_u = b \cdot h^3 / 3$ $W_x = b \cdot h^2 / 6$ $W_y = b^2 \cdot h / 6$
 <p>Şekil 84, Dikdörtgen, ortası boş</p>	6.3.1 Dikdörtgen, ortası boş $A = b \cdot (H-h)$ $e_x = H / 2$ $e_y = b / 2$ $I_x = b \cdot (H^3 - h^3) / 12$ $I_y = b^3 \cdot (H-h) / 12$ $W_x = b \cdot (H^3 - h^3) / (6 \cdot H)$ $W_y = b^2 \cdot (H-h) / 6$

Kesit	Formüller
 <p>Şekil 85, Kare</p>	6.4 Kare $A = h^2$ $e_x = e_y = h / 2$ $e_{k1} = e_{k2} = \frac{h}{2} \cdot \sqrt{2}$ $e_{k1} = e_{k2} = 0,7071 \cdot h$ $I_x = I_y = I_{k1} = I_{k2} = h^4 / 12$ $W_x = W_y = h^3 / 6$ $W_{k1} = W_{k2} = \frac{h^3}{12} \cdot \sqrt{2}$ $W_{k1} = W_{k2} = 0,11785 \cdot h^3$
 <p>Şekil 86, Kare, içi boş</p>	6.4.1 Kare, içi boş, kaval kare $A = H^2 - h^2$ $e_x = e_y = H / 2$ $e_{k1} = e_{k2} = 0,7071 \cdot H$ $I_x = I_y = I_{k1} = I_{k2} = (H^4 - h^4) / 12$ $W_x = W_y = \frac{1}{6} \cdot \frac{H^4 - h^4}{H}$ $W_{k1} = W_{k2} = \frac{\sqrt{2}}{12} \cdot \frac{H^4 - h^4}{H}$
 <p>Şekil 87, Kare, içi yuvarlak boş</p>	6.4.2 Kare, içi yuvarlak boş $A = H^2 - \pi \cdot d^2 / 4$ $e_x = e_y = H / 2$ $e_{k1} = e_{k2} = 0,7071 \cdot H$ $I_x = I_y = I_{k1} = I_{k2}$ $I_x = (H^4 - 3 \cdot \pi \cdot d^4 / 16) / 12$ $W_x = W_y = \frac{1}{6 \cdot H} \cdot \left(H^4 - \frac{3 \cdot \pi \cdot d^4}{16} \right)$ $W_{k1} = W_{k2} = \frac{I_{k1}}{0,7071 \cdot H}$
 <p>Şekil 88, Altigen</p>	6.5 Altigen, altıköşe $A = \frac{\sqrt{3}}{2} \cdot h^2 = 0,866 \cdot h^2$ $R = h / \sqrt{3}$ $e_x = h / 2$ $I_x = I_y = I_{k1} = I_{k2}$ $I_x = \frac{5 \cdot \sqrt{3}}{144} \cdot h^4 = 0,06014 \cdot h^4$ $W_x = W_{k1} = \frac{5 \cdot \sqrt{3}}{72} \cdot h^3 = 0,12028 \cdot h^3$ $W_y = W_{k2} = \frac{5}{48} \cdot h^3 = 0,10417 \cdot h^3$
 <p>Şekil 89, Sekizgen</p>	6.6 Sekizgen, Sekizköşe $A = 0,8284 \cdot h^2$ $s = h / (1 + \sqrt{2}) = 0,4142 \cdot h$ $t = s \cdot \sqrt{2} / 2 = 0,2929 \cdot h$ $e_x = e_y = h / 2$ $e_{k1} = e_{k2} = \sqrt{s^2 + h^2} / 2$ $e_{k1} = e_{k2} = 0,5412 \cdot h$ $I_x = I_y = I_{k1} = I_{k2}$ $I_x = 0,05473 \cdot h^4$ $W_x = W_y = 0,1095 \cdot h^3$ $W_{k1} = W_{k2} = 0,10107 \cdot h^3$

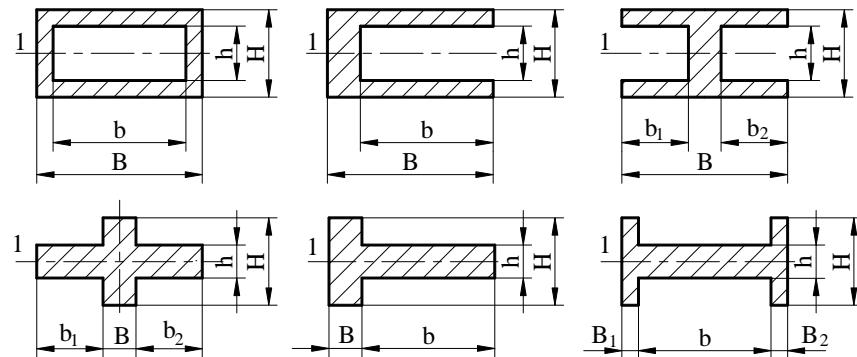
Kesit	Formüller
 <p>Şekil 90, Yamuk</p>	6.7 Yamuk $A = h \cdot (a + b) / 2$ $e_x = \frac{h}{3} \cdot \frac{a + 2 \cdot b}{a + b}$ $e_y = a / 2$ $I_x = \frac{h^3}{36} \cdot \frac{a^2 + 4 \cdot a \cdot b + b^2}{a + b}$ $I_y = \frac{h}{48} \cdot (a^3 + a^2 \cdot b + a \cdot b^2 + b^3)$ $W_x = I_x / (h - e_x)$ $W_y = I_y / e_y = 2 \cdot I_y / a$
 <p>Şekil 91, Daire</p>	6.8 Daire $A = \pi \cdot R^2 = \pi \cdot d^2 / 4$ $U = \text{çevre} = \pi \cdot d$ $e_x = e_y = d / 2 = R$ $I_x = I_y = \pi \cdot d^4 / 64 = \pi \cdot R^4 / 4$ $I_x = I_y \approx 0,05 \cdot d^4 \approx 0,7854 \cdot R^4$ $W_x = W_y = \pi \cdot d^3 / 32 = \pi \cdot R^3 / 4$ $W_x = W_y \approx 0,1 \cdot d^3 \approx 0,7854 \cdot R^3$
 <p>Şekil 92, Yarım daire</p>	6.8.1 Daire yarımi $A = \pi \cdot R^2 / 2 = \pi \cdot d^2 / 8$ $A = 1,57080 \cdot R^2$ $e_x = 4 \cdot R / (3 \cdot \pi) = 0,4244 \cdot R$ $e_y = R$ $I_x = \left(\frac{\pi}{8} - \frac{8}{9 \cdot \pi} \right) \cdot R^4 = 0,1098 \cdot R^4$ $I_y = \pi \cdot R^4 / 8 = 0,3927 \cdot R^4$ $W_x = 0,1907 \cdot R^3$ $W_y = \pi \cdot R^3 / 8 = 0,3927 \cdot R^3$
 <p>Şekil 93, Daire içi boş</p>	6.8.2 Daire içi boş, Boru kesiti $A = \pi \cdot (D^2 - d^2) / 4 = \pi \cdot (R^2 - r^2)$ $e_x = e_y = D / 2$ $I_x = I_y = \pi \cdot (D^4 - d^4) / 64$ $I_x = I_y = \pi \cdot (R^4 - r^4) / 4$ $I_1 = I_2 = \frac{\pi d_m^3 s}{8}$ $W_x = W_y = \frac{\pi}{32} \cdot \frac{D^4 - d^4}{D}$ $W_x = W_y = \frac{\pi}{4} \cdot \frac{R^4 - r^4}{R}$ <p>Eğer kalınlık çapına oranla çok küçük ise, yani $(s/d_m)^2 \ll 1$ ise</p> $W_1 = W_2 = \frac{\pi d_m^2 s}{4}$
 <p>Şekil 94, Yarım boru</p>	6.8.3 Daire yarımi içi boş, Boru kesiti, yarımi $I_1 = \frac{1,1098 (R^4 - r^4) - 0,283 R^2 r^2 (R - r)}{R + r}$ $W_{1,2} = \frac{I_1}{e_{1,2}}; e_1 = \frac{4(R^2 + Rr + r^2)}{3\pi(R+r)}$ <p>ve $e_2 = R - e_1$</p>

Kesit	Formüller
 Şekil 95, Dik delikli daire	6.8.4 Daire dik delikli $I_b = 0,01 \cdot D^3 \cdot (5D - 8,5d)$ $W_b = 0,1 \cdot D^2 \cdot (D - 1,7d)$
 Şekil 96, Çeyrek daire	6.8.5 Daire çeyrek $A = \pi \cdot R^2 / 4 = 0,7854 \cdot R^2$ $e_x = e_y$ $e_x = 0,4244 \cdot R$ $e_2 = 0,5756 \cdot R$ $e_{k1} = 0,6002 \cdot R$ $e_{k2} = 0,7071 \cdot R$ $I_x = I_y = 0,05488 \cdot R^4$ $I_u = I_v = 0,05488 \cdot R^4$ $W_x = W_y = 0,09534 \cdot R^3$ $W_{k1} = 0,1009 \cdot R^3$ $W_{k2} = 0,06399 \cdot R^3$
 Şekil 97, Daire dilimi merkezden	6.8.6 Daire dilimi $A = b \cdot R / 2 = \pi \cdot R^2 \cdot \phi^\circ / 360^\circ$ $b = \pi \cdot R \cdot \phi^\circ / 360^\circ$ $\phi^\circ = \frac{180^\circ}{\pi} \cdot \frac{b}{R}$ $e_x = 2 \cdot R \cdot s / (3 \cdot b)$ $e_y = s / 2$ $I_x = I_s - \frac{360}{\pi \cdot \phi^\circ} \cdot \sin(\phi/2) \cdot \frac{4 \cdot R^4}{9}$ $I_y = \frac{R^4}{8} \cdot \left(\pi \cdot \frac{\phi^\circ}{180} - \sin \phi \right)$ $I_s = \frac{R^4}{8} \cdot \left(\pi \cdot \frac{\phi^\circ}{180} + \sin \phi \right)$ $W_{x \max} = \frac{I_x}{R - e_x}$ $W_{x \min} = \frac{I_x}{e_x}$ $W_y = \frac{2 \cdot I_y}{s}$
 Şekil 98, Daire kesiti kırısten	6.8.7 Daire kesiti kırısten $A = \frac{R^2}{2} \cdot \left(\frac{\pi \cdot \phi^\circ}{180} - \sin \phi \right)$ $A = (R \cdot (b - s) + s \cdot h) / 2$ $R = \frac{s^2}{8 \cdot h} + \frac{h}{2}$ $b = \pi \cdot R \cdot \phi^\circ / 180^\circ$ $b = 0,01745 \cdot R \cdot \phi$ $e_m = s^3 / (12 \cdot A)$ $e_x = e_m - R \cdot \cos(\phi/2)$ $e_y = s / 2$ $s = 2 \cdot R \cdot \sin(\phi/2)$ $s = 2 \cdot \sqrt{h \cdot (2 \cdot R - h)}$ $h = R \cdot (1 - \cos(\phi/2))$ $h = r - \sqrt{R^2 - (s/2)^2}$ $\tan(\phi/2) = s / (2 \cdot (R \cdot h))$ $y = \sqrt{R^2 - z^2} - R + h$ $I_x = \frac{R^4}{16} \cdot \left(\frac{\pi \cdot \phi^\circ}{90} - \sin(2\phi) \right) - \frac{20 \cdot R^4 \cdot (1 - \cos \phi)^3}{\pi \cdot \phi^\circ - 180 \cdot \sin \phi}$ $z = 8 \cdot \sin(\phi) - \sin(2\phi)$ $I_y = \frac{R^4}{48} \cdot \left(\frac{\pi \cdot \phi^\circ}{30} - z \right)$ $W_x = \frac{I_x}{h - e_x}$ $W_y = \frac{2 \cdot I_y}{s}$ Eğer $h = R/2$ ise, $j = 120^\circ$ dir. Değerler şöyle olur: $A = 0,61418 \cdot R^2$ $e_x = 0,2050 \cdot R$ $I_x = 0,01066 \cdot R^4$ $W_x = 0,03613 \cdot R^3$

Kesit	Formüller																				
 Şekil 99, Köşe dikisi	6.8.8 Daire ile dikkenar arası parça, Köşe dikisi $A = R^2 \cdot (1 - \pi/4) = 0,2146 \cdot R^2$ $e_1 = 0,2234 \cdot R$ $e_x = 0,7766 \cdot R$ $e_{k1} = 0,0983 \cdot R$ $e_{k2} = 0,7071 \cdot R$ $e_2 = 0,3912 \cdot R$ $e_3 = 0,3159 \cdot R$ $I_x = I_y = 0,00755 \cdot R^4$ $I_u = I_v = 0,1370 \cdot R^4$ $I_{k1} = 0,011980 \cdot R^4$ $I_{k2} = 0,003105 \cdot R^4$ $W_x = W_y = 0,00972 \cdot R^3$ $W_{k1} = 0,016950 \cdot R^3$ $W_{k2} = 0,007937 \cdot R^3$																				
 Şekil 100, Dolu elips	6.9 Elips $A = \pi \cdot a \cdot b$ $e_x = a ; e_y = b$ $I_x = \pi \cdot a^3 \cdot b / 4 = 0,7854 \cdot a^3 \cdot b$ $I_y = \pi \cdot a \cdot b^3 / 4 = 0,7854 \cdot a \cdot b^3$ $W_x = \pi \cdot a^2 \cdot b / 4 = 0,7854 \cdot a^2 \cdot b$ $W_y = \pi \cdot a \cdot b^2 / 4 = 0,7854 \cdot a \cdot b^2$ $\text{Çevre } C = \mu \cdot (a+b)$ $C \approx a + b + 3 \cdot \sqrt{a^2 + b^2}$ <table border="1"> <tr> <td>$(a-b)/(a+b)$</td><td>0,10</td><td>0,20</td><td>0,30</td><td>0,40</td></tr> <tr> <td>μ</td><td>3,1495</td><td>3,1731</td><td>3,2127</td><td>3,2686</td></tr> <tr> <td>0,50</td><td>0,60</td><td>0,70</td><td>0,80</td><td>0,90</td></tr> <tr> <td>3,3412</td><td>3,4314</td><td>3,5401</td><td>3,6691</td><td>3,8208</td></tr> </table>	$(a-b)/(a+b)$	0,10	0,20	0,30	0,40	μ	3,1495	3,1731	3,2127	3,2686	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90	3,3412	3,4314	3,5401	3,6691	3,8208
$(a-b)/(a+b)$	0,10	0,20	0,30	0,40																	
μ	3,1495	3,1731	3,2127	3,2686																	
0,50	0,60	0,70	0,80	0,90																	
3,3412	3,4314	3,5401	3,6691	3,8208																	
 Şekil 101, Kaval elips	6.9.1 Elips, kaval, içi boş $I_1 = \pi \cdot (a_1^3 \cdot b_1 - a_2^3 \cdot b_2) / 4$ $I_2 = \pi \cdot (a_1 \cdot b_1^3 - a_2 \cdot b_2^3) / 4$ $W_1 = \pi \cdot (a_1^3 \cdot b_1 - a_2^3 \cdot b_2) / (4 \cdot a_1)$ $W_2 = \pi \cdot (a_1 \cdot b_1^3 - a_2 \cdot b_2^3) / (4 \cdot b_1)$ Eğer kalınlık oranı çok küçük ise, yani $[s/(a+b)] \ll 1$ ise, $I_1 = \pi \cdot a_m^2 \cdot (a_m + 3b_m) \cdot s / 4$ $W_1 = \pi \cdot a_m \cdot (a_m + 3b_m) \cdot s / 4$																				
 Şekil 102, Yarım elips	6.9.2 Elips, yarımkar $A = \pi \cdot a \cdot b / 2 = 1,571 \cdot a \cdot b$ $e_x = 4 \cdot a / (3 \cdot \pi) = 0,4244 \cdot a$ $I_x = 0,1098 \cdot a^3 \cdot b$ $I_y = \pi \cdot a \cdot b^3 / 8 = 0,3927 \cdot a \cdot b^3$ $I_u = \pi \cdot a^3 \cdot b / 8 = 0,3927 \cdot a^3 \cdot b$ $W_x = I_x / (a - e_x) = 0,1907 \cdot a^2 \cdot b$ $W_y = \pi \cdot a \cdot b^2 / 8 = 0,3927 \cdot a \cdot b^2$																				
 Şekil 103, Çeyrek elips	6.9.3 Elips, çeyrek $A = \pi \cdot a \cdot b / 4 = 0,7854 \cdot a \cdot b$ $e_x = 4 \cdot a / (3 \cdot \pi) = 0,4244 \cdot a$ $e_y = 4 \cdot b / (3 \cdot \pi) = 0,4244 \cdot b$ $I_x = 0,05488 \cdot a^3 \cdot b$ $I_y = 0,05488 \cdot a \cdot b^3$ $I_u = 0,1963 \cdot a^3 \cdot b$ $I_v = 0,1963 \cdot a \cdot b^3$ $W_x = I_x / (a - e_x) = 0,09534 \cdot a^2 \cdot b$ $W_y = I_y / (b - e_y) = 0,09534 \cdot a \cdot b^2$																				

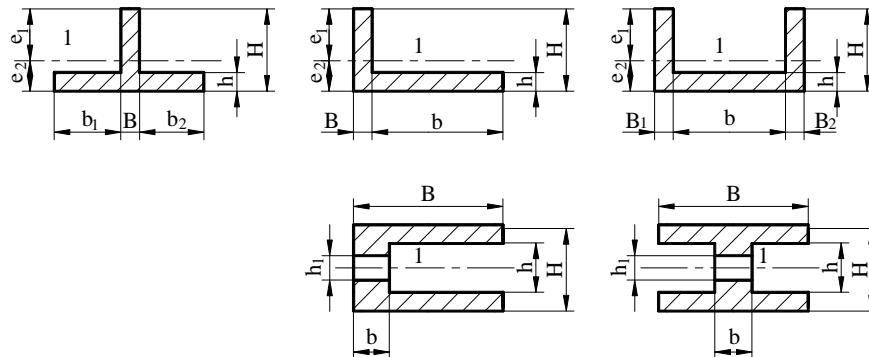
Kesit	Formüller
 Şekil 104, Köşe elips	6.9.4 Elipsele dik kenarlar arasında kalan parça <p> $A = (1 - \pi/4) \cdot a \cdot b = 0,2146 \cdot a \cdot b$ $e_x = 0,7766 \cdot a$ $e_y = 0,7766 \cdot b$ </p> <p> $I_x = 0,00755 \cdot a^3 \cdot b$ $I_y = 0,00755 \cdot a \cdot b^3$ $W_x = I_x / e_x = 0,00972 \cdot a^2 \cdot b$ $W_y = I_y / e_y = 0,00972 \cdot a \cdot b^2$ </p>
 Şekil 105, Tam parabol	6.10 Parabol <p> $A = 4 \cdot a \cdot b / 3$ $e_x = 2 \cdot a / 5$ $I_x = 16 \cdot a^3 \cdot b / 175 = 0,09143 \cdot a^3 \cdot b$ $I_y = 4 \cdot a \cdot b^3 / 15 = 0,2666 \cdot a \cdot b^3$ </p> <p> $I_u = 32 \cdot a^3 \cdot b / 105 = 0,3048 \cdot a^3 \cdot b$ $W_x = 16 \cdot a^2 \cdot b / 105 = 0,1524 \cdot a^2 \cdot b$ $W_y = 4 \cdot a \cdot b^2 / 15 = 0,2666 \cdot a \cdot b^2$ </p>
 Şekil 106, Yarım parabol	6.10.1 Parabol, yarım <p> $A = 2 \cdot a \cdot b / 3$ $e_x = 2 \cdot a / 5$ $e_y = 3 \cdot b / 8$ $I_x = 8 \cdot a^3 \cdot b / 175 = 0,04571 \cdot a^3 \cdot b$ </p> <p> $I_y = 19 \cdot a \cdot b^3 / 480 = 0,03958 \cdot a \cdot b^3$ $I_u = 16 \cdot a^2 \cdot b / 105 = 0,1524 \cdot a^2 \cdot b$ $I_v = 32 \cdot a \cdot b^2 / 105 = 0,1333 \cdot a \cdot b^2$ $W_x = 8 \cdot a^2 \cdot b / 105 = 0,07619 \cdot a^2 \cdot b$ $W_y = 19 \cdot a \cdot b^2 / 300 = 0,0633 \cdot a \cdot b^2$ </p>
 Şekil 107, Köşe yarımi parabol	6.10.2 Yarım parabolle dik kenarlar arasında kalan parça <p> $A = a \cdot b / 3$ $e_x = 7 \cdot a / 10$ $e_y = 3 \cdot b / 4$ $I_x = 37 \cdot a^3 \cdot b / 2100 = 0,01762 \cdot a^3 \cdot b$ </p> <p> $I_y = 1 \cdot a \cdot b^3 / 80 = 0,01250 \cdot a \cdot b^3$ $I_u = 19 \cdot a^2 \cdot b / 105 = 0,1810 \cdot a^2 \cdot b$ $I_v = a \cdot b^2 / 5 = 0,2 \cdot a \cdot b^2$ $W_x = 37 \cdot a^2 \cdot b / 1470 = 0,0252 \cdot a^2 \cdot b$ $W_y = a \cdot b^2 / 60 = 0,01667 \cdot a \cdot b^2$ </p>
 Şekil 108, Köşe tam parabol	6.10.3 Tam parabolle dik kenarlar arasında kalan parça <p> $b = c/2$ ise $A = a^2 / 6$ $e_x = e_y = 4 \cdot a / 5$ $I_x = I_y = 11 \cdot a^4 / 2100$ $I_x = I_y = 0,00524 \cdot a^4$ </p> <p> $I_u = I_v = 47 \cdot a^4 / 420$ $I_u = I_v = 0,1119 \cdot a^4$ $W_x = W_y = 11 \cdot a^3 / 1680$ $W_x = W_y = 0,00655 \cdot a^3$ </p>

Kesit	Formüller
6.11 Çeşitli profiller	



Şekil 109, Çeşitli profiller

Üst sıra için: $b = b_1 + b_2$	$I_l = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{12}$	$W_l = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{6H}$
Alt sıra için: $B = B_1 + B_2$	$I_l = \frac{B \cdot H^3 + b \cdot h^3}{12}$	$W_l = \frac{B \cdot H^3 + b \cdot h^3}{6H}$

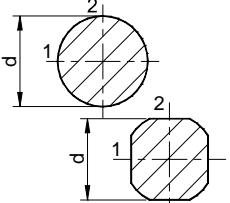
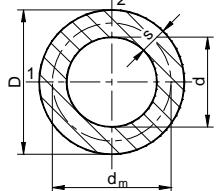
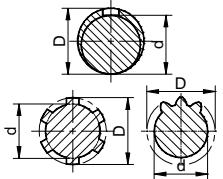
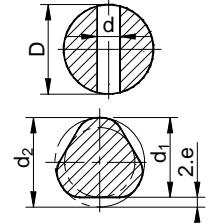
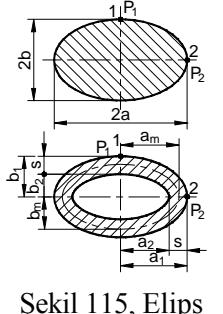


Şekil 110, Çeşitli profiller

Üst sıra için: $b = b_1 + b_2$	$I_l = \frac{B \cdot H^3 + b \cdot h^3}{3} - (B \cdot H + b \cdot h) \cdot e_1^2$	$W_l = \frac{I_l}{e_{1,2}} ; b = b_1 + b_2$
Alt sıra için: $e_2 = H - e_1$	$I_l = \frac{B(H^3 - h^3) + b(h^3 - h_l^3)}{12}$	$W_l = 2 \frac{I_l}{H} ; e_l = \frac{BH^2 + bh^2}{2(BH + bh)}$

7 Çeşitli kesittlerin torsiyon atalet ve mukavemet momentleri

Tablo 26, Çeşitli kesittlerin eğilme atalet ve mukavemet momentleri

Kesit	Formüller		
 Şekil 111, Daire	7.1 Daire $I_t = \frac{\pi d^4}{32}$ $I_t = 0,15 d_2^4$ $\tau_{\max} \text{ dış çevrededir}$	$W_t = \frac{\pi d^3}{16}$ $W_t = 0,2 d_2^3$	
 Şekil 112, Boru kesiti	7.1.1 Daire içi boş, Boru kesiti $I_t = \frac{\pi (D^4 - d^4)}{32}$ Eğer kalınlık çapa oranla çok küçük ise, yani $(s/d_m)^2 \ll 1$ ise, $I_t = \frac{\pi d_m^3 s}{4}$	$W_t = \frac{\pi (D^4 - d^4)}{16 D}$ $W_t = \frac{\pi d_m^2 s}{2}$	
 Şekil 113, Kamalı mil	7.1.2 Kamalı mil kesiti $I_t = 0,1 d^4$ $I_t = 0,006 (D + d)^4$	$W_t = 0,2 d^3$ $W_t = 0,024 (D + d)^3$	
 Şekil 114, Dik delikli mil	7.1.3 mil $I_t = 0,02 D^3 (5D - 8,5d)$ $I_t = 0,1 d_1^2 (d_1^2 - 24 e^2)$	$W_t = 0,2 D^2 (D - 1,7d)$ $W_t = 0,162 d_1^3$	
 Şekil 115, Elips	7.2 Elips Voraussetzung $a/b = n \geq 1$, τ_{\max} in P_1 in P_2 , $\tau_2 = \tau_{\max} / n$ Voraussetzung $A = a_1 / b_1 = n \geq 1$, $B = a_2 / b_2 = n \geq 1$ und, $A=B$	$I_t = \frac{\pi a^3 b^3}{a^2 + b^2} = \frac{\pi n^3 b^4}{n^2 + 1}$ $I_t = \frac{\pi n^3 (b_1^4 b_2^4)}{n^2 + 1}$	$W_t = \frac{\pi a b^2}{2} = \frac{\pi n b^3}{2}$ $W_t = \frac{\pi n (b_1^4 - b_2^4)}{2 b}$

Kesit	Formüller	
	$I_t = 0,141 a^4$	$W_t = 0,208 a^3$
	$I_t = 0,13 \cdot b^2 \cdot A$ $A = 2a b = 0,83 b^2$ $I_t = 0,108 b^4$	$W_t = 0,223 b A$ $A = 2a b = 0,83 b^2$ $W_t = 0,185 b^3$
	$I_t = 0,133 b^2 A = 0,115 b^4$ $A = \frac{R^2 3 \sqrt{3}}{2}$ $W_t = 0,217 b A = 0,188 b^3$	

Eğer $h/b = n \geq 1$ $I_t = c_1 h b^3 = c_1 n b^4$; $W_t = c_2 h b^2 = c_2 n b^3$

	h/b	1	1,5	2	3	4	6	8	10	∞
	c_1	0,141	0,196	0,229	0,263	0,281	0,298	0,307	0,312	0,333
c_2	0,208	0,231	0,246	0,267	0,282	0,299	0,307	0,312	0,333	
c_3	1,000	0,858	0,796	0,753	0,745	0,743	0,743	0,743	0,743	0,743

Eğer $h/b=n \geq 1$ ise, $\tau_{\max} P_1$ dedir. P_2 de $\tau_2 = c_3 \cdot \tau_{\max}$ ve P_3 de $\tau_3 = 0$

	Burada A_{or} kalınlığın orta çizgisinin kapladığı alan ve U bu çizginin çevre boyu olarak kabul edilirse ve de: $t = t_{min}$:									
	$\tau_s \cdot t_s = \frac{T}{2 \cdot A_{or}}$ = sabit									
Torsion atalet ve mukavemet değerleri şu şekilde bulunur:										
	$I_t = \frac{4 \cdot A_{or}^2}{\int \frac{ds}{t_{(or)}}}$ Bredt formülü $\Rightarrow W_t = 2 \cdot A_{or} \cdot t_{min}$									
kalınlık sabit ise: $I_t = \frac{4 \cdot A_{or}^2 \cdot t}{U}$ $W_t = 2 \cdot A_{or} \cdot t$										
dörtköşe için: $I_t = \frac{4 \cdot b^2 \cdot h^2}{2 \cdot \left(\frac{b}{t_1} + \frac{h}{t_2} \right)}$ $W_t = 2 \cdot b \cdot h \cdot t_{min}$										

8 Çeşitli malzemenin sürtünme katsayısı

Aşağıdaki tablolarda verilen değerler önerilen yaklaşık değerlerdir. Küçük değerler kaba, büyük değerler hassas yüzeyler için kullanılır.

Tablo 27, Çelik ile aşağıdaki malzemeler veya aşağıdaki malzemeler ile çelik

Malzeme	Sürtünme tutukluluğu katsayısı			sürtünme katsayısı		
	kuru	μ_0 yağlı	kuru	yağlı	μ ıslak	*1
çelik	0,15-0,2	0,1	0,12-0,15	0,05-0,1	---	---
pik döküm veya bronz	0,18-0,25	0,1	0,15-0,2	0,05-0,1	---	---
tesfiyeli bakır	---	---	0,35	---	---	---
Al-Cu-Mg cıalanmış	---	---	0,15	---	---	---
Al-Cu-Mg cıalanmamış	---	---	0,22	---	---	---
Al-Si-Mg zımparalanmış	---	---	0,16	---	---	---
Al-Si-Mg	---	---	0,21	---	---	---
G-Al-Si	---	---	0,1-0,15	---	---	---
meşe	0,50-0,6	0,02-0,1	0,2-0,5	0,2-0,08	0,24-0,26	0,2
buz	---	---	0,014	---	---	---
akik taşı	---	---	0,20	0,12	---	---
taş	---	---	0,3-0,7	---	---	---
deri, deri kayış	0,5-0,6	0,3	0,28-0,6	0,2	0,36	---

*1 sabunlu

Tablo 28 Bronz ile aşağıdaki malzemeler veya aşağıdaki malzemeler ile bronz

Malzeme	sürtünme tutukluluğu katsayısı μ_0			sürtünme katsayısı μ		
	kuru	yağlı	kuru	yağlı	ıslak	*1
Bronz	---	---	---	0,20	---	---
Pik döküm	0,22-0,26	0,16	0,15-0,2	0,10	---	---
meşe	0,5-0,6	0,02-0,1	0,2-0,5	0,02-0,08	0,24-0,26	0,2

*1 sabunlu

Tablo 29, Pik döküm ile aşağıdaki malzemeler veya aşağıdaki malzemeler ile pik döküm

Malzeme	sürtünme tutukluluğu katsayısı μ_0			sürtünme katsayısı μ		
	kuru	yağlı	kuru	yağlı	ıslak	*1
Pik döküm	0,22-0,26	0,16	0,15-0,2	0,10	0,31	---
Bakır	---	---	0,38	---	---	---
Deri, deri kayış	0,5-0,6	0,03	0,28-0,6	0,20	0,36	---

*1 sabunlu

Tablo 30, Çeşitli malzemelerin sürtünme katsayısı

Malzeme	sürtünme tutukluluğu katsayısı μ_0		sürtünme katsayısı μ			
	kuru	yağlı	kuru	yağlı	sabunlu	ıslak
Tahta ile tahta	0,50-0,70	0,2	0,20-0,40	0,05-0,15	0,04-0,16	0,25
Toprak ile balçık	---	---	0,38-0,75	---	---	0,31
Deri ile meşe	---	---	0,27-0,47	---	---	---
Deri contalar ile metal	0,6	0,25	0,25	0,12	---	---
Tahta ile taş	---	---	0,40	---	---	---
Kendir ile meşe	---	---	0,53	---	---	0,33
Toprak ile toprak	---	---	0,25-1,00	---	---	---
Toprak ile nemli balçık	---	---	1,00	---	---	---
Toprak ile ıslak balçık	---	---	0,31	---	---	---
Toprak ile çakıl	---	---	0,81-1,11	---	---	---
Kargir duvar ile kuru balçık	---	---	0,51	---	---	---
Kargir duvar ile ıslak balçık	---	---	0,33	---	---	---
Kargir duvar ile Kargir duvar	---	---	0,60-0,70	---	---	---

Tablo 31, Çelik, pik döküm, çelik döküm ile çeşitli malzemelerden yapılmış Fren ve kavrama

Malzeme	Sürtünme tutukluluğu katsayısı μ_0		Sürtünme katsayısı μ			
	kuru	yağlı	kuru	yağlı	sabunlu	ıslak
Malzeme sinter-bronzdan ise	0,20-0,40	0,08-0,13	0,18-0,30	0,06-0,09	---	---
Malzeme organik ise	0,30-0,50	---	0,28-0,40	0,06-0,10	---	---

9 Bir evrakin belgelenmesi

Kalite belgesi ISO9000 ve ISO 9001 in şartlarından biride, firmada yapılan işlemlerin belgelenmesidir. Bu gerektirme şunu istemektedir: Herhangi bir yerde bir sayfa bulunduğu, bu sayfanın neye ve nereye ait olduğu, o sayfada görülmelidir. Bunun içinde "K+4N-İlkesi" kaçınılmaz şarttır. Evrakin her sayfasındada en az "K ve ilk üç N" bulunmalıdır.

K + 4N - İlkesi

K KİM ?

BELGEYİ HAZIRLAYANIN AÇIK ADI, SOYADI VE PARAFI. EĞER VARSA BELGEYİ KONTROL VEYA TASTİK EDENİN KİMLİĞİ.

1. N NE ?

BELGENİN BAŞLIĞI VE BELGENİN AÇIK, KISA TARİFİ

2. N NE ZAMAN ?

HAZIRLANDIĞI, GEREKİSE YAYINLAMA VEYA DEĞİŞİKLİĞİN YAPILDIĞI TARİH

3. N NEREDE ?

BELGENİN HAZIRLANDIĞI YER, FİRMA, İNSTÜTÜD

4. N NASIL ?

BELGEYE AİT BÜTÜN VERİLER (İÇİNDEKİLER)
Örneğin: Ölçek, Veriler, Toleranslar, ölçülen değerler, v.s.

Belgeler imkanlar dahilinde bilgisayarda yazı programlarıyla yapılmalıdır. Böylelikle "K+4N-İlkesi" kolaylıkla yerine getirilir.

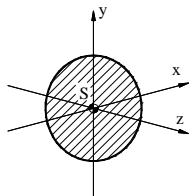
10 Hesaplama sistemi

Hesap işlemleri ne bir kör doğüşüdür nede boğa güreşidir. Hesaplar mantıklı bir sistemle yapılmalıdır. Bunun içinde aşağıda verilen önerileri uygulamak hesabı yapanın yararına olacaktır.

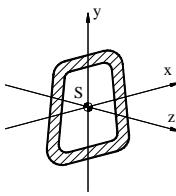
1. Her işde ve hesaplamada temiz, açık ve belirli çalışılmalıdır.
2. İş veya ödev gayet güzel okunulmalı ve bütün yazılmış terim ve ifadelerin tam ve açık anlaşılığından emin olunmalıdır. Tereeddütte işi verenle konuşulmalı ve tam anlaşmaya varılmalıdır. Gerekirse hesaplanacak parça için bir hesaplama şartnamesi yapılmalı ve bu teyit veya tastik ettirilmelidir.
3. İlk şu soru “Ne sorulmuş?” sorulmalı ve hemen genel cevap not edilmelidir.
4. Temiz ve anlaşılır bir taslak çizilmelidir. Tıpkı üçgen problemlerinin çözümünde olduğu gibi. Unutmayın bir üçgenin konstrüksiyonunda en önemli unsur, çizilen krokidir. Bu kroki olmadan bir üçgen konstrüksiyonu yapmak hemen hemen imkansızdır. Bütün bilinen ve kabul edilen değerler bu taslak veya krokide görülmelidir.
5. Kroki çizilirken, devamlı olarak çizilen kroki ile iş veya ödevin uyup uymadığı kontrol edilmeli ve bundan emin olunmalıdır.
6. Hesaplar ilk evvela genel olarak sayılar konulmadan, teorik olarak yukarıdan aşağı (genelden detaya) çözülmelidir. Buradada matematik ve fizik (mekanik) kanunlarının çiğnenmediğinden emin olunmalıdır.
7. Genel ve teorik olarak yapılan çözüm sayılarla yapılp, gereken ve mühim olan sonuçlar hemen bulunacak veya görülecek şekilde açık ve temiz yazılmalıdır.
8. Cevap temiz okunaklı ve açık olarak, şahsi düşünceler ile yazılmalıdır.

10.1 Kesit yöntemi için örnekler

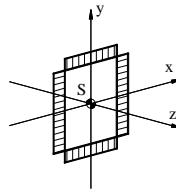
10.1.1 İlk belirleme; Hesaplanacak kesitin tanımlanması



Şekil 116, Dolu kesit;
Örneğin: Mil



Şekil 117, Kaval kesit;
Örneğin: Döküm veya kaynak konstrüksiyonu



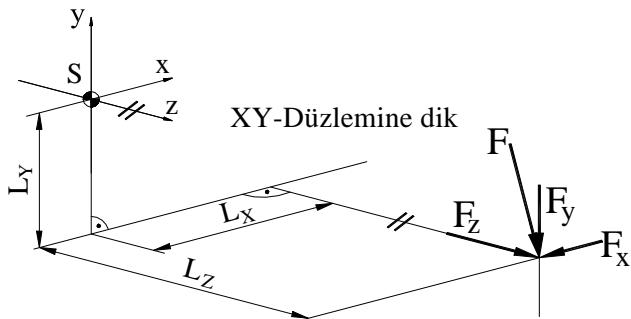
Şekil 118, Adacıklar,
Cıvatalar, Perçinler

Hesaplama kesitini XY-Düzlemi ve konstrüksiyonun koordinat sistemi X,Y ve Z eksenleri vede konstrüksiyonun ağırlık merkezi S yukarıda gösterildiği gibi belirlenmiş olsun.

Yer ve yön için eksenlerin eksi (-) yönünden artı (+) yönüne doğru bakıldığını kabul edilip, saat yelkovanı hareket yönüne göre belirleyelim.

Momentler bir düzlemede, kuvvetler etki doğrultularında değerleri değişmeden kaydırılırlar.

10.1.2 Sistemi etkileyen “F“ kuvvetini eksenlere göre F_x , F_y ve F_z bileşenlerine ayrılması



Şekil 119, Sistemi etkileyen “F“ kuvvetini eksenlere göre
 F_x , F_y ve F_z bileşenlerine ayrılması

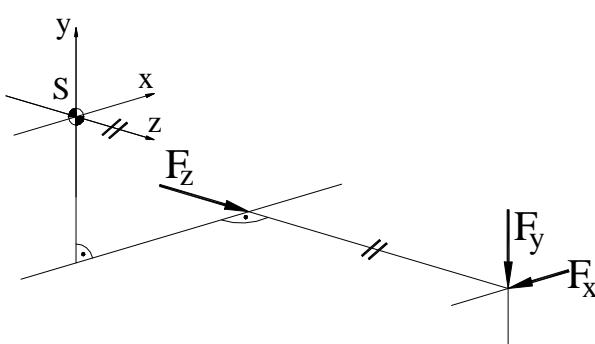
Burada “S“ konstrüksiyonun ağırlık merkezi vede X,Y ve Z eksenleride koordinat sistemi olarak alınmıştır.

Sistemi etkileyen “F“ kuvvetini eksenlere göre F_x , F_y ve F_z bileşenlerine ayıralım

10.1.3 Bütün dış kuvvetlerin ağırlık merkezi veya nötr eksenine getirilmesi.

Kuvvet bileşkenleri tek tek koordinat eksenlerine paralel olarak ağırlık merkezine kaydırılır.

a) Kuvvetin etki doğrultusunda ve paralel olduğu eksene göre kaydırılması.



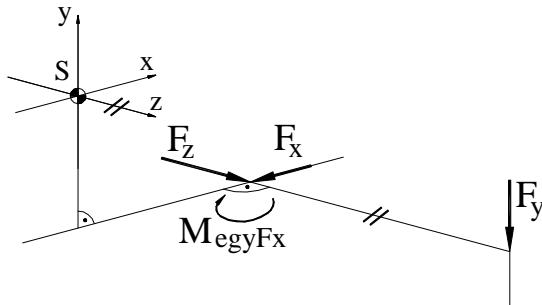
Burada F_z kuvveti Z-eksenine paralel olarak kaydırılır.

Bu durumda hiçbirsey değişmez.
Kuvvet istenilen noktaya kadar kaydırılır.

Şekil 120, Kuvvetin etki doğrultusunda ve paralel olduğu eksene göre kaydırılması

b) Kuvvetin etki doğrultusunun dışında kaydırılması:

- Kuvvetin hesaplama kesitine dik olarak kaydırılması,
Yön: Z-eksenine paralel.



Şekil 121, Z-eksenine paralel

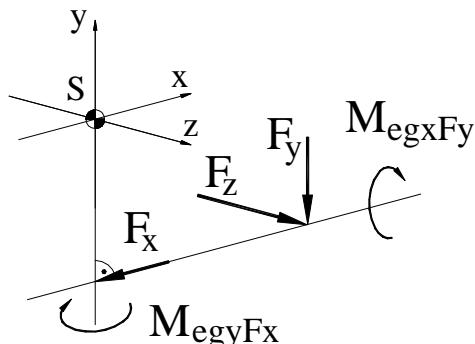
Burada F_x ve F_y kuvvetleri Z-eksenine paralel kaydırılıyor ve kuvvetin kaydırılmasından bir eğilme momenti doğuyor. Şöyleki:

$$M_{eg} = F_{x,y,z} \cdot L_{F_{x,y,z}}$$

M_{eg}
 $F_{x,y,z}$
 $L_{F_{x,y,z}}$

Eğilme momenti
Kuvvet bileşkenleri
Kuvvetin ilk bulunduğu yer ile yeni kaydırıldığı yer arasındaki mesafe

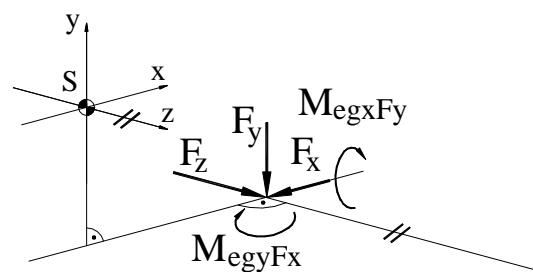
- Hesaplanan kesit içindeki kuvvetlerin kesit düzleminde kaydırılmaları;
Yön: Kuvvetin etki doğrultusunda ve paralel olduğu eksene göre kaydırılması:



Şekil 123, Kuvvetin etki doğrultusunda kaydırılması

Burada F_x kuvveti ve M_{egyFx} momenti kuvvetin etki doğrultusu olan X-eksenine boyunca kaydırılır.

Değişen bir şey olmaz. Kuvvet ve moment X-ekseni boyunca istenilen noktaya kadar kaydırılır.



Şekil 122, Z-eksenine paralel

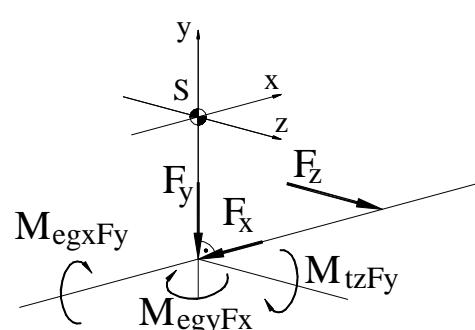
Momentler:

$$F_x \Rightarrow M_{egxFy} = F_x \cdot L_z$$

Yelkovana karşı

$$F_y \Rightarrow M_{egxFy} = F_y \cdot L_z$$

Yelkovana yönünde



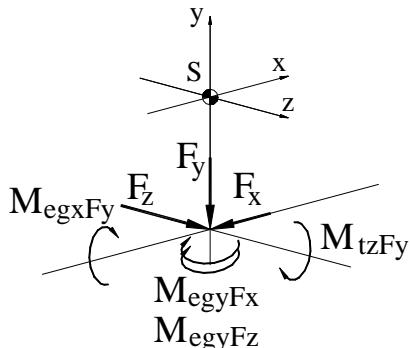
Şekil 124, Kuvvetin paralel olduğu eksene göre kaydırılması

Burada F_y kuvveti ve M_{egxFy} momenti X-eksenine paralel kaydırılır.

F_y kuvvetinin kaydırılmasından torsiyon momenti doğar:

$$M_{tzFy} = F_y \cdot L_x \quad \text{Yelkovana karşı}$$

- Hesap yapılan kesitin düzleminde kuvvetlerin kaydırılması:

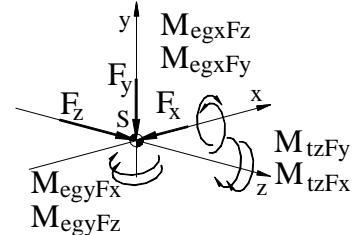


Şekil 125, X-eksenine paralel

Burada F_z kuvveti X-eksenine paralel kaydırılıyor.

F_z kuvvetinin kaydırılmasından eğilme momenti doğar:

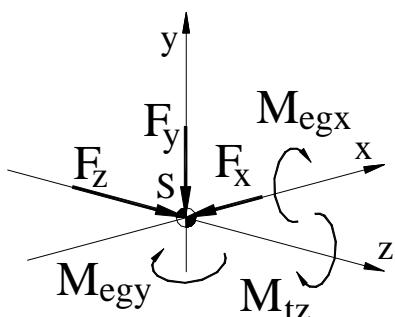
$$M_{egyFz} = F_y \cdot L_x \quad \text{Yelkovana karşı}$$



Şekil 126, Y-eksenine paralel

- F_x kuvvetinin kaydırılmasından bir yeni torsiyon momenti doğar:
 $M_{tzFx} = F_x \cdot L_y \quad \text{Yelkovana karşı}$
- F_y kuvvetinin ve M_{egzFy} , M_{egxFy} momentlerinin kaydırılmasından yeni bir şey doğmaz. Her şey olduğu gibi kalır.
- F_z kuvvetinin kaydırılmasından bir yeni eğilme momenti doğar:
 $M_{egxFz} = F_z \cdot L_y \quad \text{Yelkovana karşı}$

- Böylece bütün hesaplanacak kesiti etkileyen dış kuvvetleri kesitin ve aynı zamanda konstrüksyonun ağırlık merkezine getirmiş oluyoruz.
Şimdi tek tek getirilen kuvvet ve momentleri toplayınca sistemi basite indiririz.



Şekil 127, Sistemin basite indirilmesi

F_x ve F_y kuvvetleri hesaplanan kesit çapraz kuvvet ve F_z kuvvetinde normal kuvvet olarak etkilerler.

M_{egx} ve M_{egy} kesiti etkileyen eğilme ve M_{tz} de kesiti etkileyen torsiyon (burma) momentleridir.

10.1.4 Çeşitli kesitlerde Hesaplama

Sırasıyla olasılıklı konstrüksiyon çeşitlerini ele alalım:

10.1.4.1 Dolu kesit hesaplaması

Örneğin: Mil veya buna benzer konstrüksiyon elemanları.

Bu parçalarda bileşik gerilme “BEH” **Biçim değiştirme Enerjisi Hipotezine** göre hesaplanır:

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot (\alpha_0 \cdot \tau)^2}$$

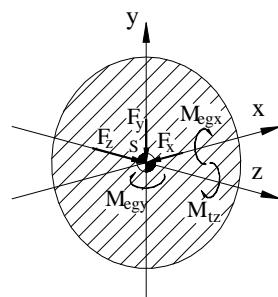
Normalgerilmeler: $\sigma = \sigma_{eg} + \sigma_{ç,b}$

Kayma gerilmeleri: $\tau = \tau_t + \tau_k$

Zorlanma katsayısı " α_0 ", pratikte:

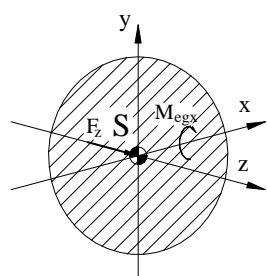
$\alpha_0 = 0,7$ torsiyon statik veya dalgalı, eğilme değişken

$\alpha_0 = 1,0$ torsiyon ve eğilme aynı cinsten.



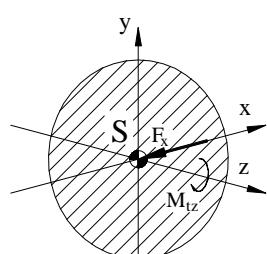
Şekil 128, Bileşik gerilme

Normal kuvvet ve eğilme momenti



Şekil 129, Normal kuvvet ve eğilme momenti

Çapraz kuvvet ve torsiyon momenti



Şekil 130, Çapraz kuvvet ve torsiyon momenti

F_z kuvvetinden çekme gerilmesi doğar:

$$\sigma_{ç} = \frac{F_z}{A}$$

Burada alan $A = 0,25 \cdot \pi \cdot d^2$ dir.

M_{egx} momentinden eğilme gerilmesi doğar:

$$\sigma_{eg} = \frac{M_{egx}}{W_{eg}}$$

Eğilme karşı koyma momenti $W_{eg} = \frac{\pi \cdot d^3}{32}$ dir.

F_x kuvvetinden kesme gerilmesi doğar:

$$\tau_k = \frac{F_x}{A}$$

Burada alan $A = 0,25 \cdot \pi \cdot d^2$ dir.

M_{tz} momentinden torsiyon (burulma) gerilmesi doğar:

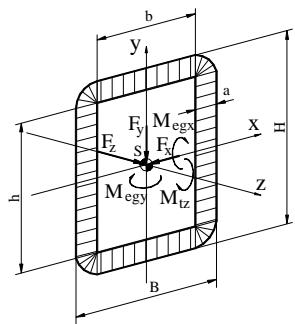
$$\tau_t = \frac{M_{tz}}{W_t}$$

Torsiyon karşı koyma momenti $W_t = \frac{\pi \cdot d^3}{16}$ dir.

10.1.4.2 Kaval kesit

Örneğin: Döküm veya kaynak konstrüksiyonları.

10.1.4.2.1 Kapalı form



Şekil 131, Kapalı form, bileşik gerilme

Buradaki bileşik gerilme imata göre hesaplanır:

$$\text{Döküm } \sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot (\alpha_0 \cdot \tau)^2} \quad \text{BEH}$$

$$\text{Kaynak } \sigma_v = 0,5 \cdot \left(\sigma^2 + \sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot (\alpha_0 \cdot \tau)^2} \right) \quad \text{NGH}$$

“NGH” Normal Gerilme Hipotezi

$$\text{Normalgerilmeler: } \sigma = \sigma_{eg} + \sigma_{ç,b}$$

$$\text{Kayma gerilmeleri: } \tau = \tau_t + \tau_k$$

Zorlanma katsayısı " α_0 ", bak Şekil 128.

F_z kuvvetinden çekme gerilmesi doğar:

$$\sigma_{ç} = \frac{F_z}{A}$$

Burada alan $A = (H - h) \cdot (B - b)$ dir.

M_{egx} momentinden eğilme gerilmesi doğar:

$$\sigma_{eg} = \frac{M_{egx}}{W_{eg}}$$

Eğilme karşı koyma momenti

$$W_{eg} = \frac{B \cdot H^3 - b \cdot h^3}{6 \cdot H} \quad \text{dir.}$$

F_x kuvvetinden kesme gerilmesi doğar:

$$\tau_k = \frac{F_x}{A}$$

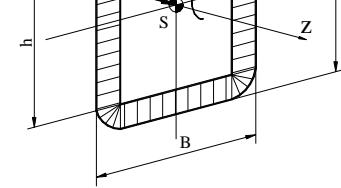
Burada alan olarak yalnız uzunlamasına etkilenen kaynak alanıdır $A = 2 \cdot b \cdot a$ dir.

M_{tz} momentinden torsiyon (burulma) gerilmesi

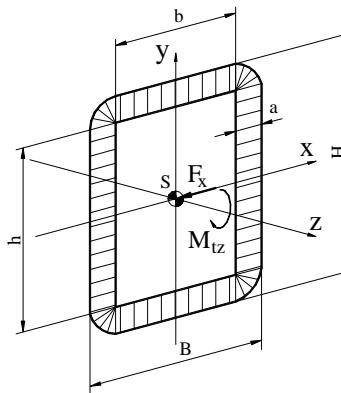
doğar: $\tau_t = \frac{M_{tz}}{W_t}$ Torsiyon karşı koyma momenti

Bredt' e göre $W_t \approx 2 \cdot A_{or} \cdot a$ dir ve

ortalama alan $A_{or} = (b + a) \cdot (h + a)$ dir.

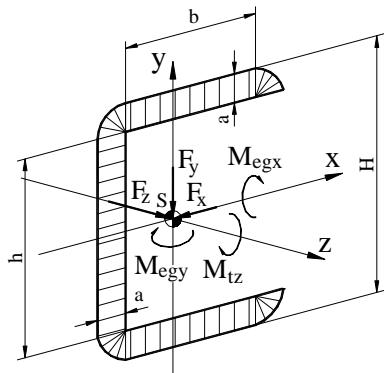


Şekil 132, Kapalı form, çekme gerilmesi ve eğilme gerilmesi

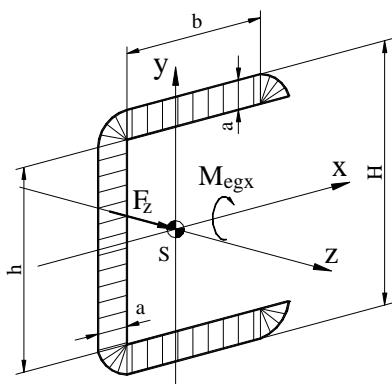


Şekil 133, Kapalı form, kesme gerilmesi ve eğilme gerilmesi

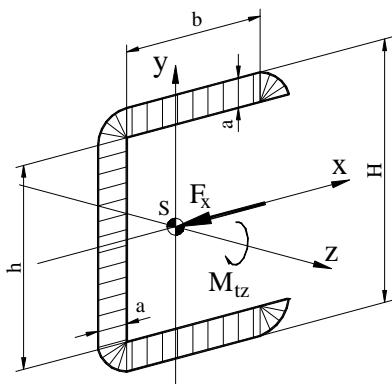
10.1.4.2.2 Açık form



Şekil 134, Açık form, bileşik gerilme



Şekil 135, Açık form, çekme gerilmesi ve eğilme gerilmesi



Şekil 136, Açık form, kesme gerilmesi ve torsiyon (burulma) gerilmesi

Buradaki bileşik gerilme imalat göre hesaplanır:

$$\sigma_v = \sqrt{\sigma^2 + 3 \cdot (\alpha_0 \cdot \tau)^2} \quad \text{BEH göre}$$

$$\sigma_v = 0,5 \cdot \left(\sigma^2 + \sqrt{\sigma^2 + 4 \cdot (\alpha_0 \cdot \tau)^2} \right) \quad \text{NGH}$$

Normalgerilmeler: $\sigma = \sigma_{eg} + \sigma_{c,b}$

Kayma gerilmeleri: $\tau = \tau_t + \tau_k$

Zorlanma katsayı " α_0 ", bak Şekil 128.

F_z kuvvetinden çekme gerilmesi doğar:

$$\sigma_c = \frac{F_z}{A}$$

Burada alan $A = 2 \cdot a \cdot b + a \cdot h$ dır.

M_{egx} momentinden eğilme gerilmesi doğar:

$$\sigma_{eg} = \frac{M_{egx}}{W_{eg}}$$

Eğilme karşı koyma momenti Steiner e göre hesaplanır.

F_x kuvvetinden kesme gerilmesi doğar:

$$\tau_k = \frac{F_x}{A}$$

Burada alan, yalnız kuvvette paralel olan kaynak dikişlerinin alanıdır;

$$A = 2 \cdot b \cdot a \text{ dır.}$$

M_{tz} momentinden torsiyon (burulma) gerilmesi doğar:

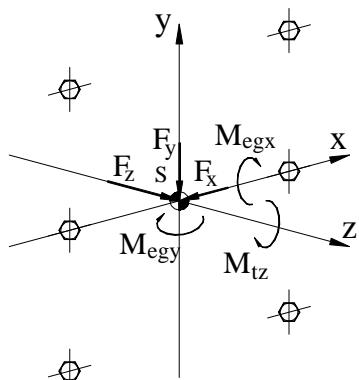
$$\tau_t = \frac{F_{Mtz}}{A_{\perp}}$$

Kuvvet $F_{Mtz} = \frac{M_{tz}}{h+a}$ dır ve

Alan $A_{\perp} = a \cdot b$ dır.

10.1.4.3 Adacıklar konstrüksiyonunun hesaplanması

Örneğin: Cıvatalar, perçinler, nokta kaynağı v.s.

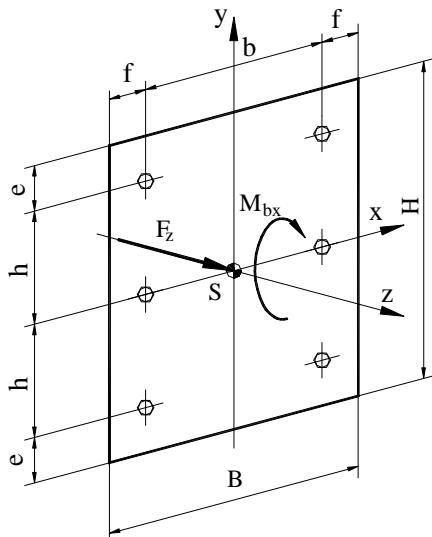


Burada etki gösteren kuvvet ve momentler tek tek ele alınıp en fazla yüklenilen adanın bulunması gerekdir.

En fazla yüklenilen adanın bulunması içinde aşağıda verilen sistemlerle hesaplar yapılır.

Şekil 137, Adacıklar

10.1.4.3.1 Normal kuvvet ve normal kuvvetten doğan eğilme momenti



Şekil 138, Normal kuvvet, perspektif

Normal kuvvet F_z den doğan çekme kuvveti :

$$F_{nç} = F_z / n$$

Eğilme momentinden doğan çekme kuvveti:

$$F_{çMeg} = \frac{M_{eg}}{z} \cdot \frac{L_1}{L_1^2 + L_2^2 + \dots + L_n^2}$$

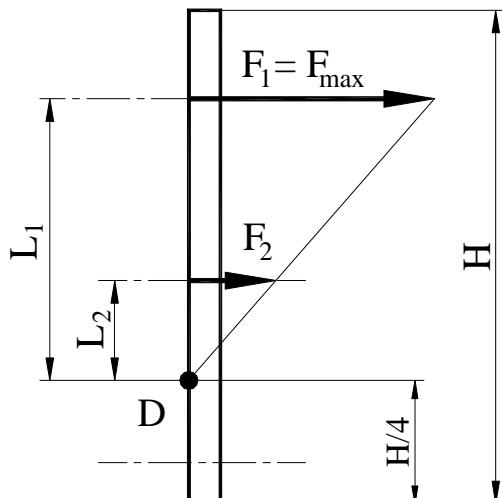
n Adacıkların sayısı (burada 6)
 z Sıranın sayısı (burada 2)

Böylece burada:

$$F_{çMeg} = \frac{M_{egx}}{2} \cdot \frac{L_1}{L_1^2 + L_2^2}$$

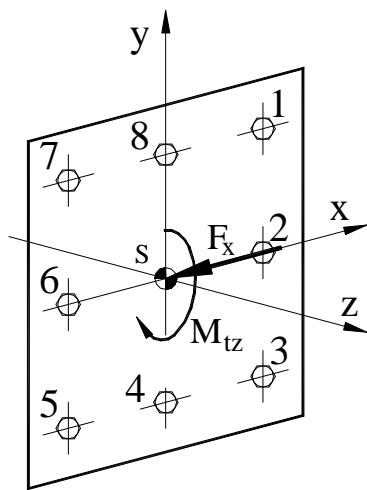
maksimum yüklenen bir adanın toplan zorlanması:

$$F_{max} = F_{nç} + F_{çMeg}$$

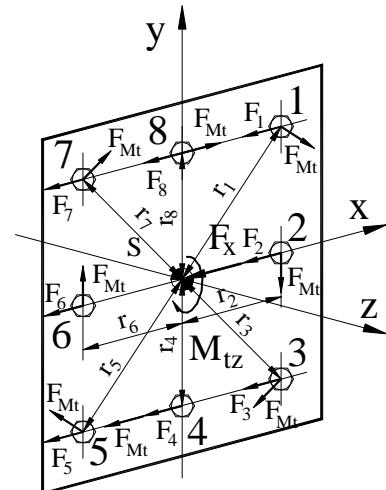


Şekil 139, Normal kuvvet, şematik

10.1.4.3.2 Çapraz kuvvet ve çapraz kuvvetten doğan torsiyon momenti



Şekil 140, Çapraz kuvvet, perspektif



Şekil 141, Çapraz kuvvet, şematik

Çapraz kuvvet F_x den doğan kesme kuvveti :

$$F_{\text{çk}} = F_x / n$$

Torsiyon momentinden doğan kesme kuvveti:

$$F_{\text{çmax Mt}} = \frac{M_{tz} \cdot r_{\text{max}}}{\sum r^2}$$

n Adacıkların sayısı (burada 8)

r Adacıkların ağırlık merkezine olan mesafeleri

Böylece burada:

$$F_{1Mt} = F_{3Mt} = F_{5Mt} = F_{7Mt} = \frac{M_{tz} \cdot r_1}{4 \cdot r_1^2 + 2 \cdot r_2^2 + 2 \cdot r_4^2}$$

$$F_{2Mt} = F_{6Mt} = F_{1Mt} \cdot \frac{r_2}{r_1}$$

$$F_{4Mt} = F_{8Mt} = F_{1Mt} \cdot \frac{r_4}{r_1}$$

maksimum yüklenen bir adanın toplam zorlanması bu üç sonuctan hangisi büyükse odur.

F_2 Hesaplanır

F_3 Hesaplanır

$F_4 = F_{\text{çk}} + F_{4t}$ Hesaplanır

10.2 Konu İndeksi

A

- Altigen 41
- Altıköşe 41
- Atalet momentleri, torsiyon 47

B

- Basınç ve basınç yüksekliği birimleri 10
- Basit fren 38
- Birim sistemleri 7
- Birimlerde ön takı 5
- Boru 25
- Boru 20
- Boru kesiti 42, 47
- Boru kesiti, yarım 42
- Bredt 48
- Buhar birimleri 10

C

- Çekme kuvveti 36
- Çeşitli gerilme birimleri 9
- Çeşitli kuvvet birimleri 9
- Ceyrek daire 43

C

- CGS sistemi 7

Ç

- Çıkarmalı fren 38
- Çirkik, basit 39
- Çirkik, dişli sistemli 39
- Çirkiklar 39
- Çok makaralı palanga 37

D

- Daire 15, 42, 47
- Daire dik delikli 43
- Daire dilimi 43
- Daire Dilimi 16
- Daire Halkası 17
- Daire içi boş 42
- Daire içi boş 47
- Daire Kesiti 16
- Daire kesiti kırışten 43
- Daire yarım 42
- Daire yarım içi boş 42
- Dik üçgen 12
- Dikdörtgen 14, 40
- Dikdörtgen prizma 18
- Dikdörtgen, ortası boş 40
- Dönen elips dik kesit daire 24
- Dörtgen 13
- Düzenli eşkenar çokgen 15

- Düzlem halka parçası 17
- Düzlem yuvarlak halka 17

E

- Eğik düzlem 35
- Elips 17, 44, 47
- Elips, ceyrek 45
- Elips, kaval, içi boş 44
- Elips, yarım 44
- Elipsoid 24
- Elipsoid, iki kesitte elips 23
- Enerji birimleri 9, 10
- Eşkenar dörtgen 14
- Eski Yunan alfabesi 5

F

- Fiziki temel büyüklükler 5
- fps sistemi 7
- Fren 37
- Fren momenti 37

G

- Gaz birimleri 10
- Güç birimleri 9

H

- Hareket direnci 36
- Hareketli makara 37
- Hareketli makarada çekme kuvveti 37
- Hesaplama sistemi 52

I

- IPB-Profil 29
- IPE-Profil 30
- I-Profil 28
- İş birimleri 10
- Isı birimleri 9, 10
- ISO 9001 51

K

- K+4N-İlkesi 51
- Kaldıraç 37
- Kama 19, 34
- Kamalı mil kesiti 47
- Kare 14, 41
- Kare, içi boş 41
- Kare, içi yuvarlak boş 41
- Kaval kare 41
- Kaygan yatak, eksenel 35
- Kaygan yatak, göbek yüksekliği 35
- Kaygan yatak, radyal 35
- Kesik Dikdörtgen Piramit 19
- Kesik koninin açınızı 17

Kesik Piramit	19
Kesit yöntemi	53
Kirişler dörtgeni	13
Koni	21
Koni, kesik	22
Köşebent	31
kps sistemi	7
Küp	18
Küre	22
Küre dilimi	23
Küre kapağı	22
Küre, içi boş	22
Küreden disk parçası	23
Küreden karpuz dilimi	23
L	
L-Profil	32
M	
Makarada sürtünme kuvveti	36
Mukavemet momentleri, torsiyon	47
N	
NPI-Profil	28
O	
Obelisk	19
P	
Palangalar	36
Parabol	45
Parabol, yarım	45
Paraboloid	24
Paraboloid disk	24
Paraboloid, dönen parabol, dik kesit daire	24
Paraboloid, yz- ve xy-kesiti parabol	24
Paralel kenar	14
Piramit	19
Prizma	18
R	
Rhomboid	14
Rhombus	14
Rombus	40
Romen rakkamları	5
S	
Sabit makara	36
Sekizgen	41
Sekizköşe	41
SI-(MKS) sistemi	7
Sık kullanılan birimler	6
Silindir kama	21
Silindir kesiti	21
Silindir, birbirini kesen	21
Silindir, kaval	20
Silindir, tabanı daire	20
Silindir, tabanı daire ve kesik	20
Silindir, tabanı elips	20
SI-Temel birimleri	5
Sivilarda basınç birimleri	10
Sürtünme açısı	39
Sürtünme katsayısı	36, 39, 49
Sürtünme kuvveti	39
T	
Teğetler dörtgeni	13
Toplamalı fren	38
U	
U – profili	33
Üçgen	12, 40
Üçgen prizma	18
Y	
Yamuk	13, 42
Yay	16
Yuvarlak profil	27
Yuvarlanma direnci	36