



Karadeniz Teknik Üniversitesi

Mühendislik Fakültesi
Endüstri Mühendisliği Bölümü

ergonomi

İNSANLARIN ENERJİ GEREKSİNİMİ

Dr.-Mak.Müh. Kemal ÜÇÜNCÜ



İnsanda Enerji Dönüşümü

- İnsan vücudu, enerji dönüştüren bir makina gibidir.
- Dolayısıyla insan vücudunda, harcanan enerji ile üretilen enerji arasında bir denge kurulur; enerjinin korunumu kanunu geçerlidir.
- Enerjinin korunumu, alınan gıdada depolanmış kimyasal enerjinin yağlı dokuda işe veya ısıya dönüştürülmesi veya kimyasal enerji olarak depolanması anlamına gelir.
- İnsan tarafından tüketilen enerjinin dönüşümü alınan besin miktarına (Q_g) ve fiziksel aktivitelere (W) göre değişmekle birlikte, en büyük oranı ısı enerji dönüşümü (Q_d) temsil eder.

İnsanda Enerji Dönüşümü

- Yapılan iş ve vücut sıcaklığını koruması gerekenden fazla enerji alınırsa, bu fazlalık enerji vücutta depolanarak **YAĞ**'a dönüşür.
- Hiçbir iş yapmadan yatan bir insan sadece vücut ısınısını sabit tutmak ve hayatını devam ettirmek için enerji harcamaktadır.
- İnsan belli bir işi yapmak istediğinde işin ağırlığına bağlı olarak belli oranda **EK ENERJİ** sarf eder.



İnsanda Enerji Dönüşümü

- **İşin zor olması, tekrar sayısının artması, iş süresinin uzaması ve uygun olmayan duruş şekilleri enerji tüketimini artırır.**
- İnsan, vücut pozisyonunu kendisi kontrol edebildiği için ergonomik açıdan insanın bilinçlendirilmesi büyük önem taşımaktadır.
- Enerji ihtiyacı alınan yiyeceklerden karşılanır. Besinler karaciğerden kan aracılığıyla diğer organlara gider ve oksijen yardımıyla oksidasyona uğrayarak, daha sonra enerji deposu olarak kullanılacak ATP (adenozintrifosfat) oluştururlar.

Besin Maddeleri + O₂ = ATP + Isı + Madde Çevrimi Yan Ürünleri

Enerji Üretimi: ATP'nin ADP'ye (Adenozindifosfat) indirgenmesi ve anorganik fosfatın (P) açığa çıkmasıyla enerji (E) serbest kalarak kasların kasılmasını (kontraksiyon) sağlar.



Bazal Metabolizma

Organizmanın içindeki madde ve enerji değişikliklerine **metabolizma** adı verilir.

➤ Metabolizma iki evrede gerçekleşir: anabolizma ve katabolizma.

Anabolizma, besin kaynaklarının ana besin maddelerine dönüştürülmek üzere sentezlendiği metabolizmadır.

Katabolizma, atıkların vücuttan atılmasıyla sonuçlanan besin maddelerinin yakıldığı ve enerjinin açığa çıkarıldığı metabolizmadır.



Bazal Metabolizma

- Bir organizmanın enerji harcaması iki biçimde olur: enerji ya da iş metabolizması ve bazal metabolizma.

Enerji metabolizması, çeşitli kas etkinlikleri, hücre yapımı ve ısı dengenin düzenlenmesinde harcanan enerji miktarlarını kapsar.

Bazal metabolizma, insan vücudunun tam istirahat halinde, ruhsal uyarıcılardan uzak, 22–25 °C sıcaklıkta temel yaşam fonksiyonlarını devam ettirebilmesi için gereken en düşük enerji harcama düzeyidir (Temel Çevrim).

Normal ve 70 kg ağırlığında bir insanın bazal metabolizması (BM) 7100 kJ/gün dolayında olup, vücut yüzeyi ile orantılı olarak değişir.



Enerji Gereksinimi

- İnsan, bir gün içerisinde yapılan işlerin ağırlığına, yaşa ve cinsiyete göre değişen miktarlarda enerji harcar.
- İnsanın sağlığını koruyabilmesi için, toplam enerji tüketiminin, yiyeceklerle sağlanan enerjiye eşit olması gerekir.
- İnsan enerji tüketimi üç şekilde gerçekleşir:
 - 1) Temel çevrim (bazal metabolizma)
 - 2) İş çevrimi
 - 3) Serbest zaman çevrimi



1. Temel Çevrim

- **Temel Çevrim (TÇ)**, nötr bir iklimatik ortamda (sıcaklık 22-25 °C, bağıl nem %50-60, rüzgar hızı $< 0,1$ m/s) hareket etmeksizin yatan bir kişinin bir günde harcadığı enerji miktarını ifade eder.
- Temel çevrim, hücrelerin canlı kalabilmesi, kalp atışı, nefes alma, kasların yaşam için gerekli düzeyde gerginliği, bütün organların beslenebilmesi için gerekli olan enerjidir.
- Temel çevrim enerjisinin organlara tahmini dağılımı şöyledir:
 - İskelet kaslarında %26,
 - karaciğerde %26,
 - beyinde %18,
 - kalpte %9,
 - böbreklerde %7 ve
 - diğer organlarda %14.



1. Temel Çevrim

- Ergonomik etütler için temel çevrim ölçüleri aşağıdaki koşullarda yapılır:
 - Tam istirahat hali (uyku hali)
 - Aç karnına olmak (son 12 saat).
 - Çevre sıcaklığının kontrolü (giysiye göre)
 - Kas tonu ve duruş değişiklikleri (çalışmamış olma)
- **Temel enerji çevrimi bebeklikten yetişkinliğe ilerledikçe artar; 20 yaş civarında günlük temel çevrim ortalama 7500 kJ ile maksimum değere ulaşır ve yaşla birlikte tekrar azalmaya başlar.**
- TÇ aynı kişide de anlık olarak değişebilir.



1. Temel Çevrim

- Kadınlar (K) ve erkekler (E) için TÇ bağıntıları (Harris ve Benedict):

$$TÇ(K) = 2750 + 8 B + 40 m - 20 Y \text{ [kJ/24 saat]}$$

$$TÇ(E) = 280 + 21 B + 58 m - 28 Y \text{ [kJ/24 saat]}$$

B: boy (cm), m: ağırlık (kg), Y: yaş (yıl)

Örnek: 40 yaşında 70 kg ağırlığında ve 170 cm boyunda kadın ve erkeğin temel enerji çevrimini bulunuz.

Erkek için:

$$\begin{aligned} TÇ(E) &= 280 + 21 \times 170 + 58 \times 70 - 28 \times 40 \\ &= 280 + 3570 + 4060 - 1120 \\ &= \mathbf{6790 \text{ kJ}} \end{aligned}$$

Kadın için:

$$\begin{aligned} TÇ(K) &= 2750 + 8 \times 170 + 40 \times 70 - 20 \times 40 \\ &= 2750 + 1360 + 2800 - 800 \\ &= \mathbf{6110 \text{ kJ}} \end{aligned}$$

1. Temel Çevrim

- Kaba bir ortalama değer olarak temel çevrim erkeklerde 7100 kJ/gün; kadınlarda 6300 kJ/gün alınabilir (30 yaşı örneği).

30 yaşı nda erkeklerde ağı rlık ve boya göre temel çevrim TÇ (kJ/gün)

Ağı rlık (kg)	50	60	70	80	90
Boy(cm)150	5468	6048	6623	7203	7778
160	5678	6258	6833	7413	7988
170	5888	6468	7043	7623	8198
180	6098	6678	7253	7833	8408
190	6308	6888	7463	8043	8618

30 yaşı nda kadınlarda ağı rlık ve boya göre temel çevrim TÇ (kJ/gün)

Ağı rlık (kg)	50	60	70	80	90
Boy(cm)150	5334	5737	6140	6539	6943
160	5410	5813	6216	6615	7018
170	5489	5893	6296	6695	7098
180	5569	5972	6376	6775	7178



1. Temel Çevrim

Bazal Metabolizma Hızını Etkileyen Faktörler

- Bazal metabolizma hızı (BMH) bünye, aktivite ve çevre özelliklerine göre değişebilir.

Yaş: BMH ilerleyen yaşla azalır. Çocukların yüzeyi daha küçük olduğundan, BMH daha yüksektir.

Cinsiyet: Erkeklerin kas kitlesi ağırlığına oranla yüksektir; bu nedenle kadınlara oranla yüksek (%5-10) BMH'ye sahiptirler.

- BMH erkeklerde 142-155 kJ/m²h, kadınlarda 126-147 kJ/m²h.
- BMH'nin %25'i yaşamı destekleyen organik işlevlerde, %75'i vücut sıcaklığını korumada kullanılır.
- Ortalama kabul edilen 70 kg ağırlığındaki bir insanın BM'si yaklaşık 4,2 kJ/kg^h'dır.



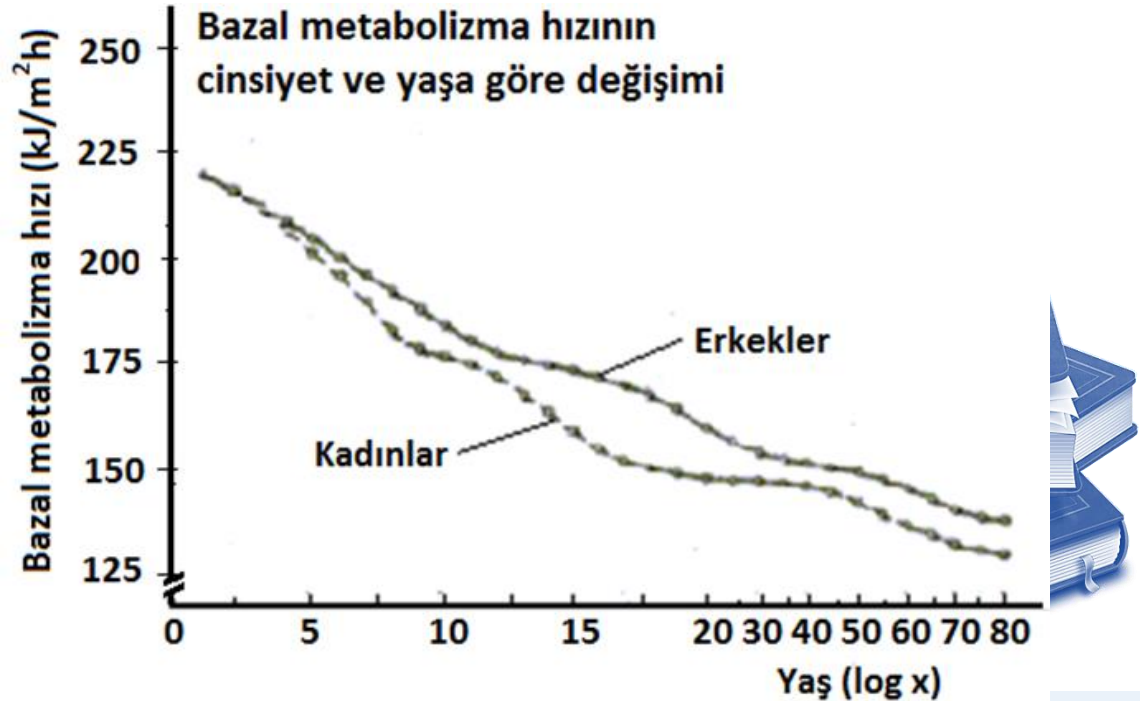
1. Temel Çevrim

Kalıtsal faktörler: Doğuştan gelen bireysel farklılıklara dayanır.

Gövde yüzey alanı: Bazal metabolizma hızı gövde yüzey alanı arttıkça azalır, azaldıkça artar.

Vücut yüzey alanı **$VYA = (W^{0.425} \times H^{0.725}) \times 0.007184$**

Burada, W ağırlık (kg), H vücut yüksekliği (cm) ve VYA vücut yüzey alanı (m²) birimleri ile işlem yapılır.



1. Temel Çevrim

Çevresel koşullar: Bazal metabolizma hızı soğuk bölge insanlarında yüksek, sıcak bölge insanlarında düşüktür.

Vücut sıcaklığı: Vücut sıcaklığındaki her 1 °C'lik artış bazal metabolizma hızını %14 artırır.

Egzersiz: Fiziksel egzersiz büyük ölçüde bazal metabolizma hızını ve enerji tüketimi artırır, vücut ağırlığını etkiler.

İlaçlar: Kafein, benzedine, alkol, epinefrin ve nikotin bazal metabolizma hızını artırır; anestezi ilaçları ise düşürür.

- **Hormonlar:** Troid hormonu bazal metabolizmayı artırır.
- **İrk:** Bazal metabolizma hızı ırklara göre değişir.
- **Barometrik basınç:** Atmosfer basıncının yarıya düşmesi bazal metabolizma hızını artırır.



1. Temel Çevrim

- **Beslenme durumu:** Açlık ve kötü beslenme bazal metabolizma hızını azaltır.
- **Ruhsal durum:** Ruhsal durum metabolizmayı etkiler. Depresyon metabolizmayı bozar, yavaşlatır ve kilo aldırır. Korku anında kanda artan adrenalin hormonu metabolizmayı artırır.
- ✓ Hızlı kilo alıp verme BMH'yi yavaşlatır, vücut ısısının artması BMH'yi artırır.
- ✓ BMH'nin yavaşlaması yağ depolamayı artırır.
- ✓ Kas kitlesi artarsa BMH artar.
- ✓ Kan şekerini yükselten gıdalar (glisemik) depolandığından BMH yavaşlar.



2. Serbest Zaman Çevrimi

- Profesyonel işin dışında, günlük faaliyetler için harcanan enerji serbest zaman enerjisi olarak ifade edilir.
- Oldukça pasif hareketlerde 800-1200 kJ/gün olarak hesaplanan bu enerji kişisel serbest aktivitenin düzeyine göre 2500 kJ/gün ve üzerine çıkabilir.
- Temel çevrim ve serbest zaman çevriminin toplamı, alınan oksijen miktarının fonksiyonu olarak hesaplanabilir.
- Bedensel hiçbir iş yapmayan bireyin oksijen ihtiyacı 0,004 litre/kgxdak kadardır.
- Besinin yakılmasında CO_2/O_2 oranı (respiratorik oranı) 0,85 olan besinin 1 litre oksijenle yakılması sonucu **20,4 kJ** enerji elde edilir.
- Buna göre, 70 kg ağırlığındaki kişinin günlük enerji tüketimi 8200 kJ olup, bu değer temel ve serbest zaman çevrimi toplamına denktir.



3. İş Çevrimi

- Günlük hayatta yapılan işin ağırlığına bağlı olarak temel ve serbest zaman çevrimi toplamından daha fazla enerji harcanır. Bu çevrim iş çevrimidir.
- Yapılan işe bağlı olarak işçinin dinlenme halinde harcadığı enerjinin 15-20 katına kadar enerji harcanabilir.
- Çok ağır iş yapan kişinin günlük toplam enerji çevrimi yaklaşık 20000 kJ'a çıkmaktadır.
- Sürekli olarak 20000 kJ'dan daha fazla bir enerji çevrimi gerçekleştirmek ideal çevre şartlarında bile sıradan bir kişi için mümkün değildir; çok kısa sürer.



Harcanan enerji açısından işin sınıflandırılması

İşin türü	Örnek işler
Hafif el işi	İşin hemen tamamında sadece elin çalıştığı ve küçük ağırlıkların hareket ettirildiği işler (yazı yazmak, örg örmek)
Ağır el işi	İşin tamamında el çalışır, ancak hareket ettirilen ağırlık, uygulanan kuvvet hafif el işinden daha büyüktür veya statik işin payı büyüktür (penseyle tel işi)
Hafif kol işi	İşe kol da katılır, ağırlık veya kuvvet küçüktür (büyük bir masayı temizlemek, küçük parçaların ön montajını yapmak)
Ağır kol işi	Hafif kol işi gibi, ancak ağırlık ve kuvvet daha büyük (çivi çakmak, cıvata sıkmak, kamyon şoförlüğü)
Hafif beden işi	Kolla yapılan işe bedenin de katılması (eğre ile parçaya şekil vermek, kirli yüzeyi zımparalamak, hızlı piyano çalmak)
Orta ağır beden işi	Bedenin kol işine daha fazla katılması (testere ile ahşap kesmek, kirlenmiş mutfak döşemesini temizlemek)
Ağır beden işi	Büyük kas gruplarının katılması gereken işler (arabaya kürekle çakıl doldurmak, bahçede, tarlada toprağı kazmak, ağır yükleri taşımak)
Çok ağır beden işi	Ara vermeden, molasız çok kısa süre yapılabilen işler (zorunlu olmadıkça işyerlerinde olmaması gereken ağırlıktaki işler: 100 kg ağırlıktaki torbaları taşımak, yokuşta ağır yük taşımak)

İşin Çeşitleri

Erkek ve kadın işçilerde iş ağırlığına göre harcanan enerji (kJ)

İşin ağırlığı	Erkek işçiler	Kadın işçiler
Çok hafif işler	< 2100	< 1600
Hafif işler	2100-4200	1600-3200
Orta ağır işler	4200-6300	3200-4800
Ağır işler	6300-8400	4800-6400
Çok ağır işler	8400-10500	6400-8000

İşin Niteliği	Enerji ihtiyacı (kCal/dak)	Kalp Atış Sayısı
Hafif işler	2,5	90 veya daha az
Orta işler	5,0	100
Ağır işler	7,5	120
Çok ağır işler	10,0	140
Ekstra ağır işler	12,5	160 veya daha fazla



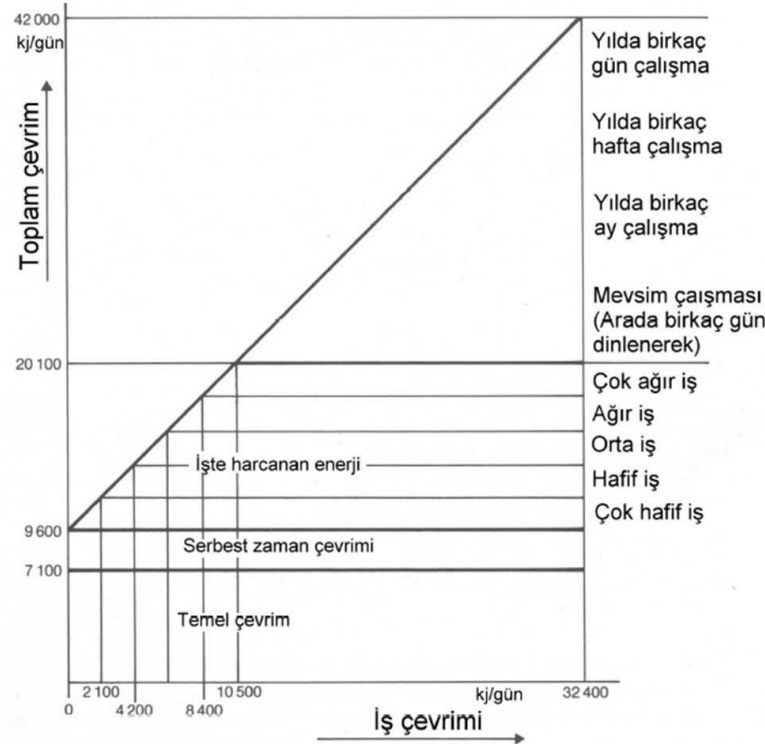
İş Çeşitleri

Çeşitli işlerde enerji gereksinimi (ILO)		
Faaliyet	Enerji Gereksinimi	
	kCal/dak	kJ/dak
Tam istirahat	1	4,2
Ofis işleri	2	8,4
Araç kullanma	3	12,6
Araç – gereç ile çalışma	4	16,7
Normal yürüme	5	20,9
Toprak atma	6	25,1
Çekiçle çalışma	7	29,3
Rende işleri	8	33,5
Çelik işleri–yüksek fırın temizleme	9	37,7

Günlük Enerji Çevrimi

- 7100 kJ temel çevrim, 2500 kJ serbest zaman çevrimi ve her kademesi 2100 kJ olan 5 iş kademesinden oluşan günlük normal çevrim ile bazı özel zamanlardaki çalışmaları içeren çevrim örneği aşağıdaki şekilde gösterilmiştir.

Günlük Enerji Çevrimi



Enerji Tüketimi

- ✓ Günlük enerji gereksinimi, günün üç bölümündeki (temel çevrim, serbest zaman çevrimi ve iş çevrimi) enerji değerlerinden yararlanılarak hesaplanır.

Örnek: Bir çalışan günde 8 saat uyumakta ($U=4,2$ kJ/dak), 8 saat ofis işi düzeyinde serbest ($S=8,4$ KJ/dak) ve 8 saat toprak atma işi ($\dot{I} = 25$ kJ/dak) yapmaktadır. Günlük enerji tüketimini bulunuz.

$$ET = U + S + \dot{I}$$

Faaliyet	Süre (dak)	Enerji ihtiyacı E (kJ/dak)	Enerji hesabı E x t (kJ)	Enerji tüketimi ET (kJ/gün)
Uyku	480	4.2	480 dak x 4.2 kJ/dak	2016
Serbest	480	8.4	480 dak x 8.4 kJ/dak	4032
İş	480	25	481 dak x 25 kJ/dak	12000
Toplam Enerji Tüketimi				18048



İş Yüğü ve Enerji Gereksinimi

- Enerji tüketimi sorunlarının incelenmesinde, bir iş gününün çalışma sürelerini bölümlere ayırmak, günlük enerji tüketimi düzeyini bularak beslenme gereksinimini belirlemek gibi yaklaşımlardan yararlanılır.
- Buna bağlı olarak, iş ekonomisi yaklaşımı ile çalışanların en optimal enerji tüketimi düzeyindeki iş görmeleri de projelendirilebilir ve bu durum ergonomi açısından önemlidir.
- İnsan vücudu, makina gibi, enerjiyi verimli kullanmalıdır.
- Enerji tüketimi için aşağıdaki faktörler değerlendirilmelidir:
 - İşin özellikleri
 - Her hareketin tekrar sayısı
 - İşin yapıldığı süre
 - Vücut pozisyonu, duruş ve oturuş şekilleri



İş Yüğü ve Enerji Gereksinimi

- Her türlü fiziksel işi yaparken ve yapılan işin bitiminden tam toparlanma düzeyine erişinceye kadar,
- insan vücudunun biyokimyasal enerji yaratabilmek için tükettiği oksijeni ve metabolik bir atık olarak dışarı atabildiği karbondioksiti ölçmek,

yapılan fiziksel işin enerji karşılığını önemli doğruluk düzeyinde hesaplamaya olanak sağlar.

- Bir işin güçlük derecesi; kalbin atım sayısı, solunum hacim ve derinliği ve vücut sıcaklığı ile ilişkilidir.



İş Yüğü ve Enerji Gereksinimi

- Belirli bir işi başlatan organizma, bu iş için gerekli iç enerjiyi sağlayarak kasların çalışmasını desteklediğı halde, solunum ve dolaşım sistemlerinin uyumu ve yapılan iş için gerekli ölçüde oksijeni vücuda sokabilmesi belirli bir zaman alır.
- Organizmanın iş görme sürecinde fonksiyonel uyum gecikmesi yüzünden, tüketilmeyen oksijen nedeni ile bir **oksijen borcu** ortaya çıkar.
- Bu süreçte gerekli enerji, kaslardaki kimyasal enerji kaynaklarından karşılanır.



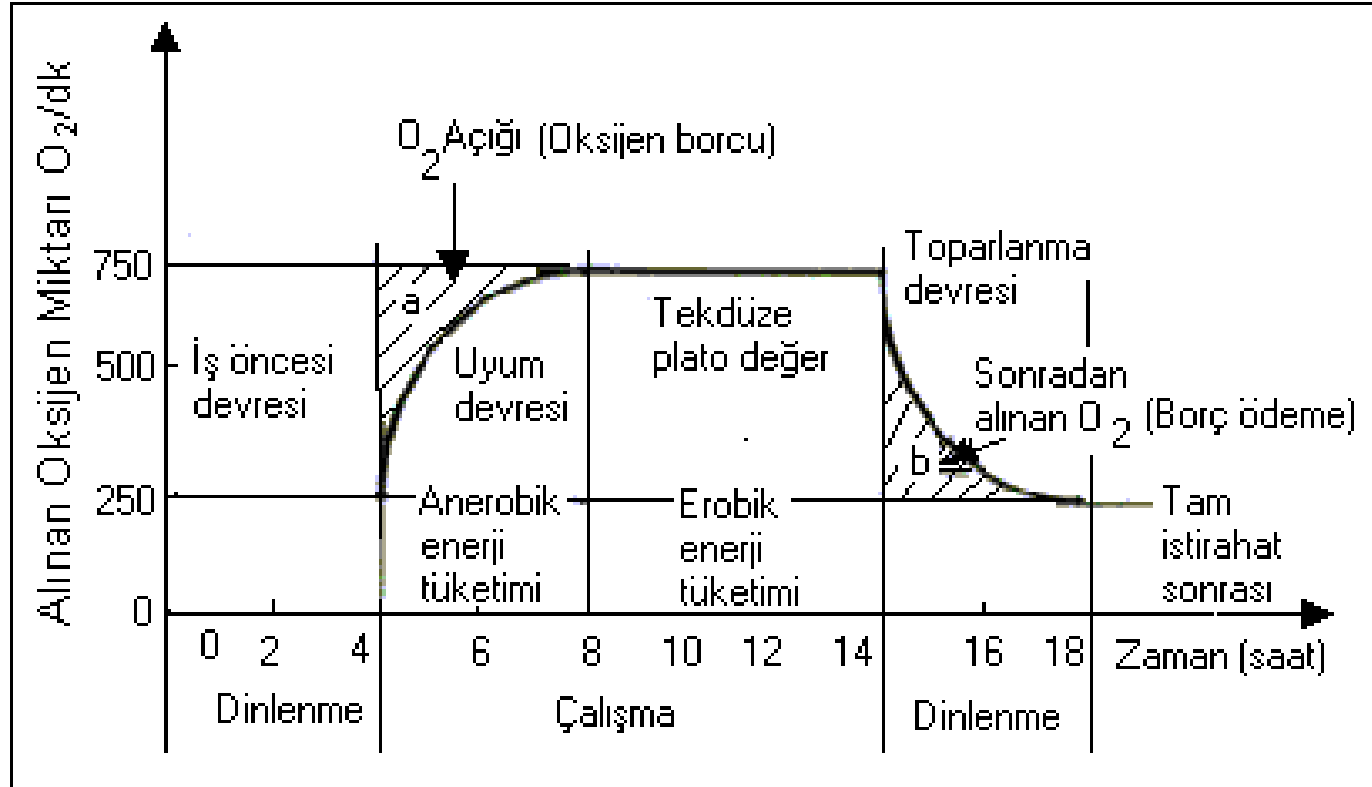
İş Yüğü ve Enerji Gereksinimi

Anerobik enerji: Her türlü fiziksel çalışmanın başlangıcından, solunum ve dolaşım fonksiyonlarının metabolik gereksinimlere uyuma kadar işgören kas hücreleri anerobik (anaerobik–oksijensiz) enerji oluştururlar; 16-20 litre oksijen karşılığı 80-100 kCal.

- Anerobik çalışmalar oksijen borçlanmasıya neden olurlar ve çalışanın istirahate geçmesinden sonra belli bir süre içinde bu borç ödenecek şekilde fazladan oksijen alınır.



İş Yüğü ve Enerji Gereksinimi



Bedensel çalışmada oksijen tüketiminde ortaya çıkan değişiklikler

Anaerobik süreçlerde organizma, çalışma esnasında oluşan toplam laktik asitin eliminasyonuna eşit bir oksijen borcu oluşturur.

İş Yüğü ve Enerji Gereksinimi

Aerobik enerji: Endüstriyel çalışmalarda harcanan enerji ve çalışmaların fiziksel yükü, genellikle aerobik (erobik – yeterli oksijen ile) yoldan gerçekleşir.

- Solunum ve dolaşım sistemleri, hücrelerin gereksinim duyduğu oksijeni düzenli bir şekilde sağlayarak daha fazla borçlanmadan işin yapılmasını desteklerler.
- Beden yapısı özelliklerine, antrenmanlı olmaya ve genel fonksiyonel kapasitelere bağlı olan değişebilen erobik kapasite, iş ve hareket fizyolojisi laboratuvarlarında ölçülebilmektedir.
- Erobik yoldan karşılanan enerjinin bir üst sınırı vardır ve bu sınır değere, **maksimum erobik kapasite** denir.



İş Yüğü ve Enerji Gereksinimi

- Maksimum zorlanma altında 60 dakika süren bir işte yaklaşık **5535** kJ enerji harcanırken, bu enerjinin **%1,5'i** anaerob enerji, **%98,5'i** ise aerob enerjidir.

Maksimum zorlanma altında çalışırken harcanan enerjinin zamana göre anaerob ve aerob miktarları ve oranları

Enerji sunumu		İşin süresi (dak)						
		0,17	1	2	4	10	30	60
Anaerob	kJ	105	165	190	190	150	125	85
	%	85	70	50	30	15	5	1,5
Aerob	kJ	20	85	190	420	1050	2950	5450
	%	15	30	50	70	85	95	98,5
Toplam	kJ	125	250	380	610	1200	3075	5535



Sürekli Performans Sınırı (SPS)

- Performans sözcüğünün Türkçe anlamı “**başarı**”dır. Başarı, bireyin ya da örgütün hedeflerine ulaşma derecesidir.
- Bir işletmedeki çalışanların performans düzeyi işçi sayısını, üretim miktarını, kaliteyi ve verimliliği doğrudan etkiler. - Bu nedenle, işgörenin performans kapasitesi ve bunu etkileyen faktörlerin bilinmesi gereklidir.
- Performans, işgörenin belirli çevre ve örgüt yapısı koşullarında davranış tipine ve yeteneklerine bağlı olarak belirli bir zamanda örgüt amaçlarına nitel ve nicel katkılarının ölçüsüdür.
- Bireysel performans, bireyin teknik, fiziksel ve zihinsel kapasitesine bağlıdır.



Sürekli Performans Sınırı (SPS)

- **Sürekli performans sınırı (SPS)**, enerji sunumu ve gereksiniminin dengede kaldığı, çok fazla yorulmadan ve özel molalara gereksinim göstermeden 8 saatlik bir vardiya boyu yapılabilen en büyük işi ifade eder.
- **SPS**, kişiden kişiye; fizyolojik özelliklerine, kondisyon durumuna göre farklılıklar gösterir.
- **Bir vardiya süresince beklenebilir SPS;**
 - erkeklerde: 275-300 Watt (8 saatlik vardiyada; 7920-8640 kJ; ~8600 kJ),
 - kadınlarda 185-200 Watt (8 saatlik vardiyada; 5328-5760 kJ; ~5800 kJ).
- ❖ **Statik işlerde maksimum kapasitenin %15'i sürekli performans sınırı olarak kabul edilir.**



Sürekli Performans Sınırı (SPS)

Sürekli performans sınırı her işgören için geçerli sabit bir sınır değildir; kişiden kişiye, fizyolojik özelliklerine, kondisyon durumuna göre farklılıklar gösterir.

İşin özelliğine göre performans etkilenir.

İşin şekli ve düzeyine göre harcanan enerji miktarı (J/s)

İşin şekli	İşin düzeyi	J/s = W
El işi	Kolay	20 – 42
	Orta	42 – 63
	Ağır	63 – 83
Tek kolla iş	Kolay	50 – 83
	Orta	83 – 117
	Ağır	117 – 153
İki kolla iş	Kolay	100 – 142
	Orta	142 – 175
	Ağır	175 – 208
Tüm bedenle iş	Kolay	175 – 241
	Orta	241 – 333
	Ağır	333 – 583
	Çok ağır	416 – 833

Sürekli Performans Sınırı (SPS)

- Bir işin güçlük derecesi, uygulanabildiği süre üzerinde de etkili olur. Çok zor işler ancak sınırlı bir süre devam ettirilebilir. Örneğin, 300 kCal/dak enerji gerektiren iş 1 saniye süreyle sürdürülebilirken, 10 kCal/dak enerji gerektiren bir iş 10 saat sürdürülebilir.
- İş yapabilme düzeyini fizyolojik açıdan etkileyen faktörler: Periyodik Etkenler, Aperiodyik Etkenler.

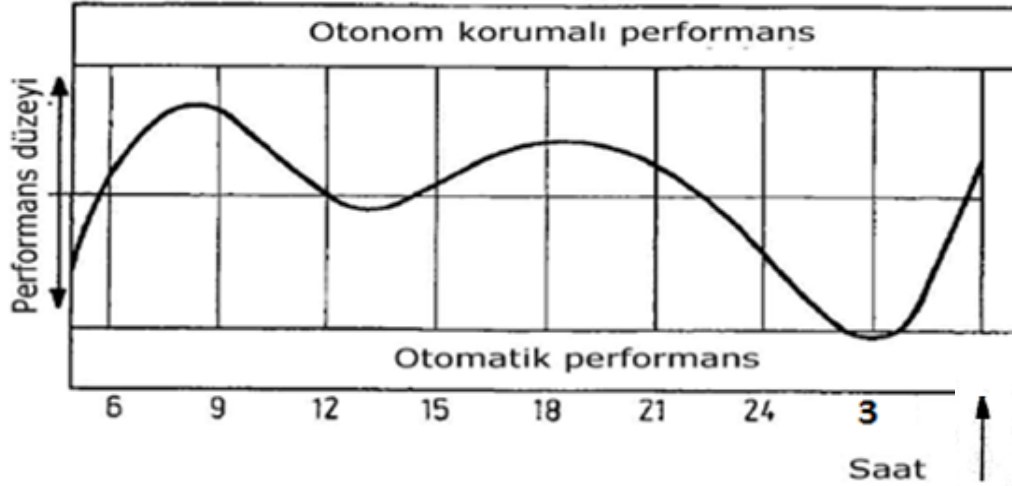
Periyodik Etkenler: Fizyolojik iş yapma düzeyi, kişinin o gün, o saatteki iş yapma kapasitesini gösterir.

Fizyolojik iş yapabilme düzeyi gün içinde değişiklikler gösterir.

Bu değişime de “biyolojik günlük ritm” denir.

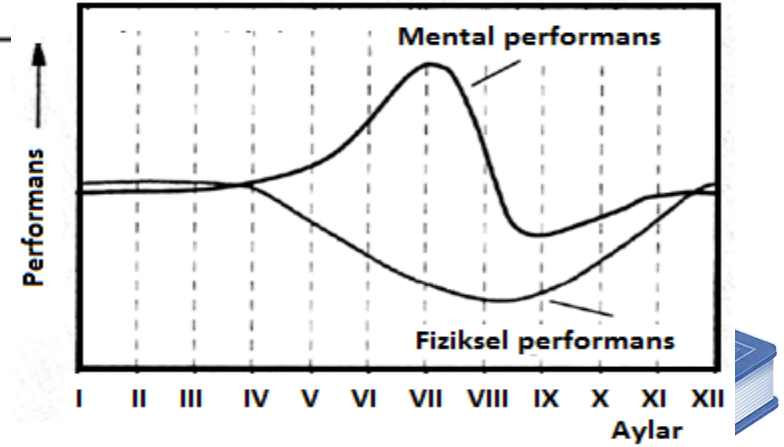


Sürekli Performans Sınırı (SPS)



Aperiodik etkenler: İş yaşamını etkileyen başlıca etmenler;

- İklim
- Fiziksel ve kimyasal etmenler
- Kullanılan ilaçlar
- Hava koşulları
- İşin kişiye göre düzenlenmiş olması



Mental ve fiziksel performansın yıl boyunca değişimi

Kalp Atış Frekansı (KAF)

- Kalp atışında artışın 4 nedeni:
 - Dinamik işten kaynaklı
 - Statik işten kaynaklı
 - Psikolojik nedenler
 - Klimatik koşullar
- Bunlardan sadece dinamik işten dolayı KAF artışı ile zorlanma arasında bir ilişki vardır.
- Maksimum kalp atış frekansı sağlıklı bireyler için 220-yaş olarak belirlenmiştir.
- Dakikada 180 atış, minimum antrenman etki düzeyi **kritik kalp atış frekansı** olarak kabul edilir.



Kalp Atış Frekansı (KAF)

- Kritik kalp atış frekansında; kaslar kasılır ve damarlar daralır, kan miktarı azalır; kaslara gelen oksijen ve besin yetersiz kalır.
 - Bu maksimum değerde iş sürdürülemez.
- Kasta aşırı biriken laktik asit atımında KAF yükselir.
- **Kalp dinlenme konumunda bir atışta 60-70 cm³ kan pompalar ve dakikada 70-80 kere atar.**



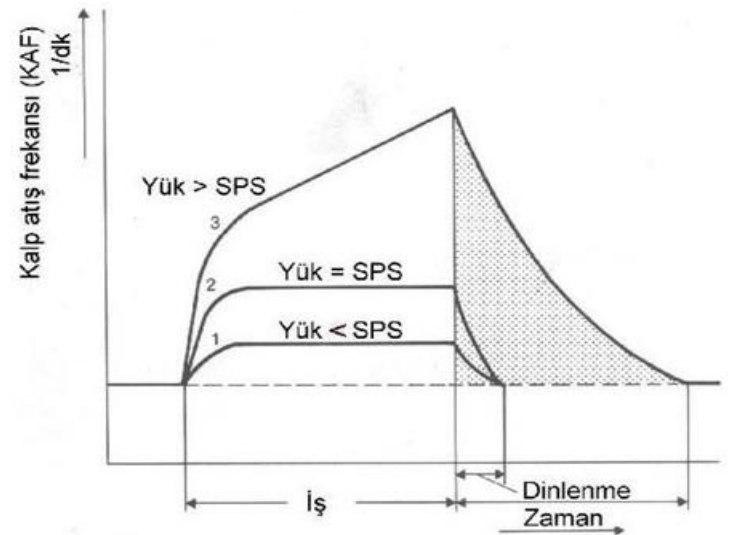
Kalp Atış Frekansı(KAF)

Kalp Atış Frekansı - Dinamik Zorlanma İlişkisi

- Kalbin yapılan işe uyumu, dolaşım sistemindeki kanın debisinin artması şeklindedir.
- SPS üzeri işlerde sık sık dinlenme molaları verilmelidir.

Bir iş yükü, etkidiği zaman içerisinde, KAF artar ve iş devam ederken belirli bir zaman sonra denge durumuna gelirse bu iş yükü SPS altındadır.

İş yükü arttırılarak KAF'nın dengeye gelebildiği son sınır tespit edilir, bu sınır o işçi için SPS'dir

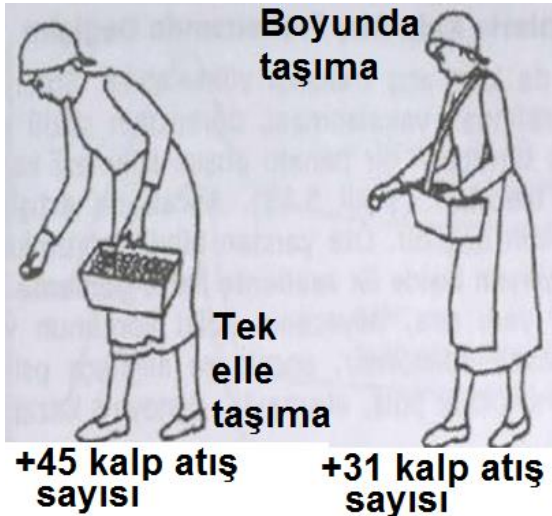


İş yükünün sürekli performans sınırından küçük, eşit veya büyük olmasında kalp atış frekansının zamanla değişmesi

Kalp Atış Frekansı (KAF)

Kalp Atış Frekansı - Statik Zorlanma İlişkisi

- Statik işlerde KAF artış göstermektedir. Örnek:
 - Patates eken kadınların sepetlerini taşıma şekli
 - Okul çantalarının taşınma şekli
 - Farklı kütlelerin taşınması



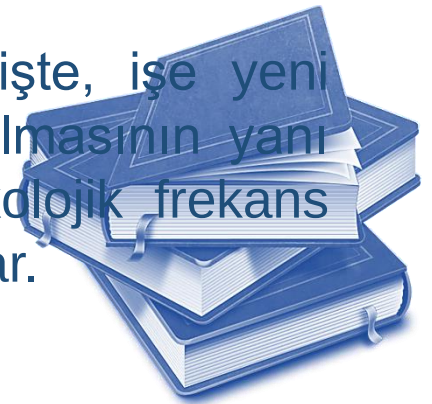
- Statik işlerde KAF arttığı görülmekteyse de statik işin ağırlığı ile enerji harcama ve KAF arasında dinamik işte olduğu gibi doğrusal bir bağlantı olduğu kanıtlanamamıştır.



Kalp Atış Frekansı

Kalp Atış Frekansı ve Psikolojik Nedenler

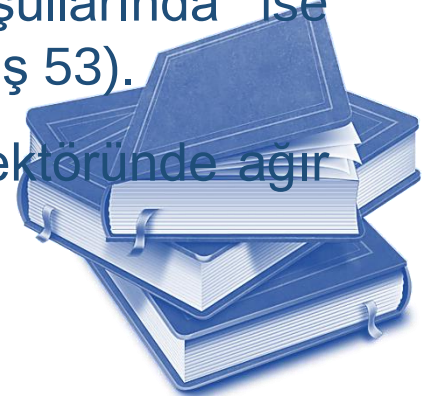
- Psikolojik nedenlerden dolayı KAF artabilir.
 - Kopya çeken öğrencinin yakalandığı an
 - Sözlü sınava giren bir kişi
 - Kalabalık önünde sunum yapmak vb.
- Fakat bu durumları işbilim açısından değerlendirmek mümkün değildir.
- Ayrıca, büyük sorumluluk isteyen bedensel bir işte, işe yeni başlayan kişide işin başlangıcında bedensel yorulmanın yanı sıra, heyecan, kaygı veya korkunun verdiği psikolojik frekans artışı daha oluşacaktır. Bu, deneyimle ortadan kalkar.



Kalp Atış Frekansı

Kalp Atış Frekansı ve Klimatik Koşullar

- Aynı işin farklı iklimik koşullar altında yapılmasında KAF deneylerle gözlemlenmiştir.
- Dakikada 5400 J (=90 W performans) değerinde iş yapan denekte, iş ortamı 27 °C ve %80 bağıl nemde iken işe başladığında KAF 72'dir (iş ortamında iş nedeniyle frekans artışı 50 olup, KAF 122 olur).
- Ortam sıcaklığı 35 C ve %95 bağıl nem koşullarında ise başlangıçta KAF 117'dir (iş ortamında KAF 170; artış 53).
 - Sıcak ortamda ağır iş, tarımda ağır iş, tekstil sektöründe ağır iş → KAF artar.



Verim

- İnsan aldığı enerjinin büyük bir kısmını ısı enerjisine dönüştürür, küçük bir kısmı da iş yapmak için harcanır.
- İş yapmada ortaya koyduğu gücün, aynı zaman diliminde harcadığı enerjiye oranı verimdir.
- En iyi koşullarda verim %30'dur, geriye kalan %70 kayıp enerjidir.
 - Kayıp enerji, ısıya dönüşen enerji ve statik konum ve tutma işlerini kapsar. Bu nedenle statik iş olabildiğince azaltılmalıdır.
- Örnek olarak merdiven tasarımı için: eğim: 25-30 derece, basamak yüksekliği 17 cm, basamak derinliği 29 cm olmalıdır.



Verim

Yapılan işe göre verim

İş	Verim (%)
Statik tutma işi	0
Eğik konumda kürekle çalışma	3
Cıvata sıkma	5
Normal konumda kürekle çalışma	6
Yük kaldırma	9
Kollu teker çevirme	13
Ağır çekiçle çalışma	15
Düz yolda yük taşıma ve yüksüz geri dönüş	17
Seyyar merdiveni yük ile çıkış, yüksüz iniş	19
Yokuş yolda sırtta yük taşıma ve yüksüz geri dönüş	20
Merdiveni yüksüz çıkıp inme	23
Araba çekmek	24
Bisiklete binmek	25
Araba itmek	27
Düz yolda yüksüz yürümek	27
5° eğimli yolda yüksüz yokuş yukarı gitmek	30



Verim

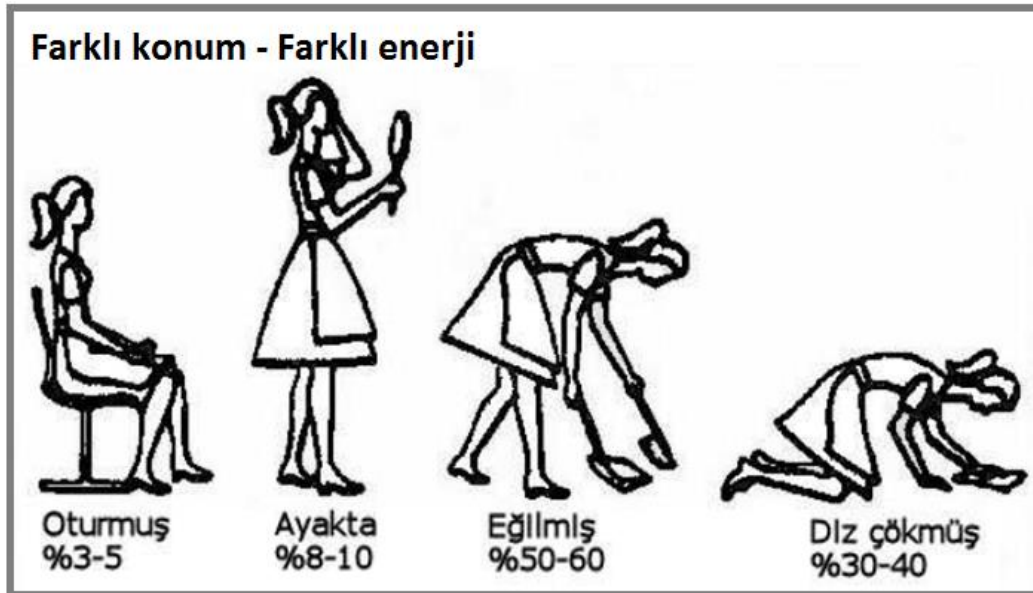
$$\text{SPS} \cong 300 \text{ W}$$

- Aralarında 1 m mesafe bulunan ve bant üzerinde 0,3 m/sn hızla hareket eden kutulara 15 kg ~ 150 N ağırlığındaki monitörler yerleştirilecektir. Yerleştirme esnasında monitörler 70 cm yukarıya kaldırılıyor. Bu iş için işçinin ortaya koyması gereken performans kaç Watt değerindedir?
- Yapılan iş $W = 150 \text{ N} \times 0,7 \text{ m} = 105 \text{ Joule}$
- Kutuların işçinin önüne gelme süresi $t = 1\text{m} / 0,3 \text{ ms}^{-1} = 3,33 \text{ sn}$
- Ortaya konulan işin performansı $P' = 105 \text{ Joule} / 3,33 \text{ s} = 31,5 \text{ Watt}$
- İş ağırlıklı olarak yük kaldırma işidir ve yük kaldırma işinin verimi $\eta = \% 9$ dur.
- Bu iş için işçinin harcadığı güç $P = 31,5 / 0,09 = \mathbf{350 \text{ Watt}}$
- 350 Watt sürekli performans sınırının üstünde bir iştir. İşçi bu işi sürekli yapamaz. Ek molalara gereksinimi vardır. Ayrıca hesaplarda sadece yükü kaldırma işi dikkate alınmıştır. Monitörü kutu içine yerleştirme de ayrı bir iştir ve bunun için de ayrı bir enerji harcanmaktadır.



Vücut Konumu Enerji İlişkisi

- Vücudun konumuna göre, o konumunu devam ettirebilmesi için farklı miktarda enerji sarfeder. SPS'de çalışan bir işçinin dakikadaki kalp atışları, dinlenme halinde yatar konumda ölçülenden 40, ayakta iken ölçülenden 30 kere daha fazladır.
- **Farklı Konum – Farklı Enerji**



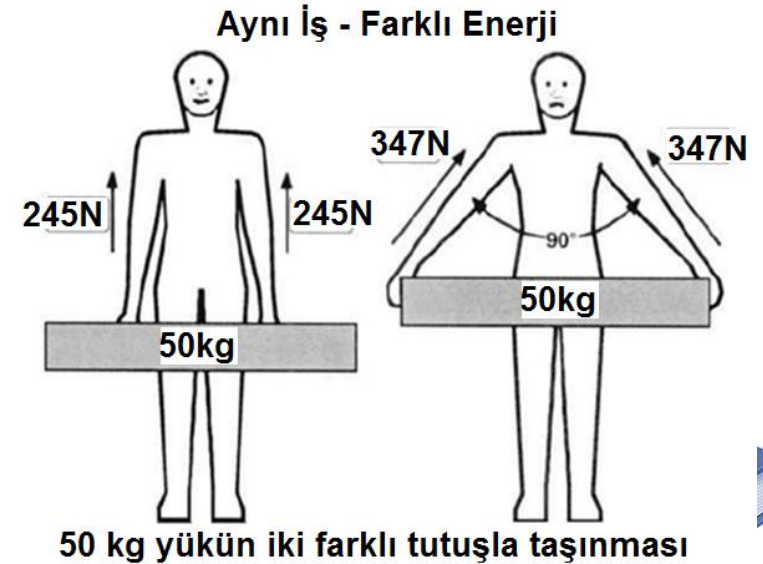
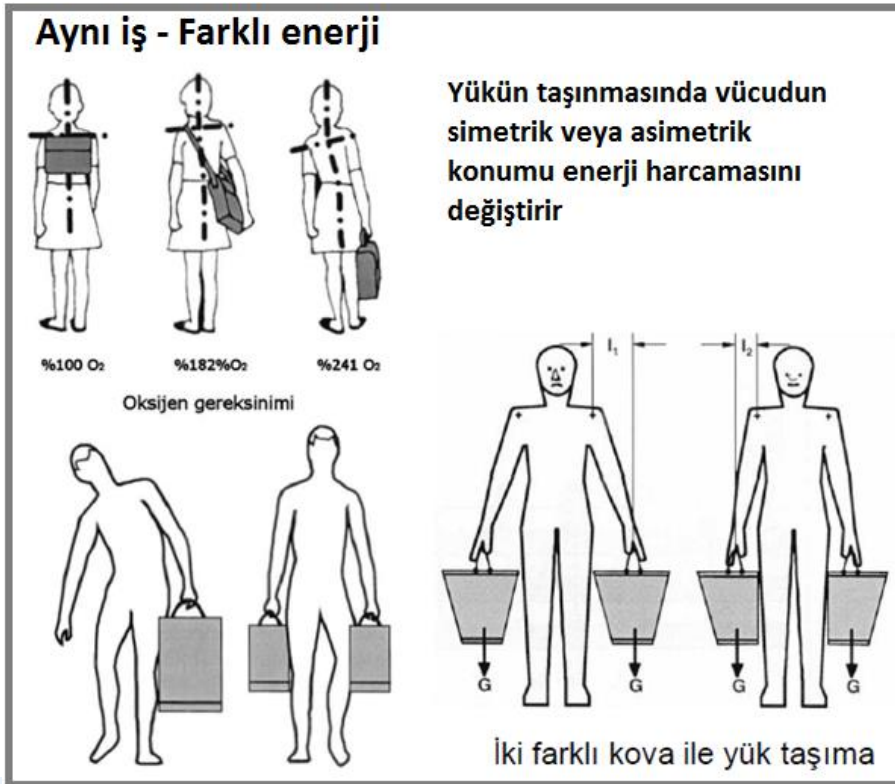
- Organizma iş anında beden konumuna bağlı olarak farklı zorlanır ve bu farklı zorlanma, enerji çevriminde kendini gösterir.



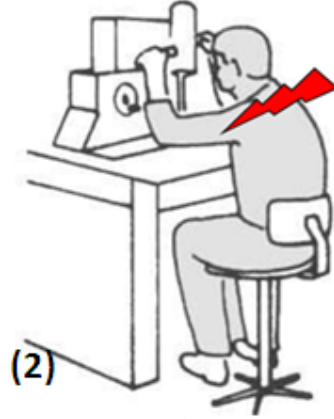
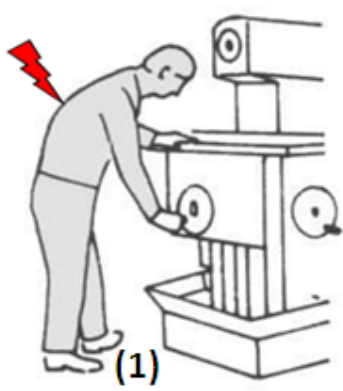
Vücut Konumu Enerji İlişkisi

Aynı İş – Farklı Enerji

- Aynı yükün farklı yöntem ve aygırlarla taşınması farklı enerjiler gerektirir.



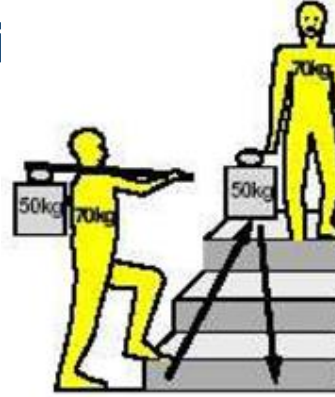
VÜCUT KONUMU-ENERJİ İLİŞKİSİ



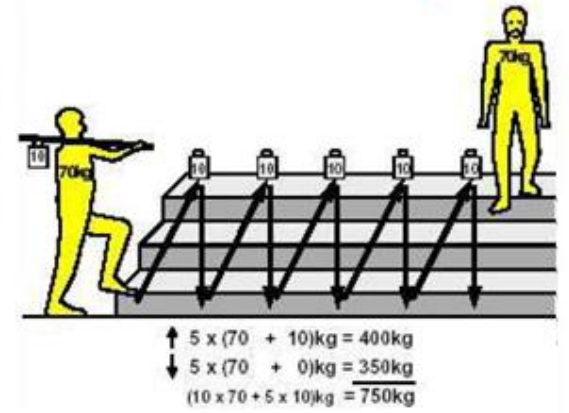
kisi

Makina başında çalışırken vücudun doğal olmayan konuma zorlanması: Sırt ağrıları (1), omuzda ve üst kolda ağrılar (2) oluşur.

VÜCUT KONUMU – ENERJİ İLİŞKİSİ

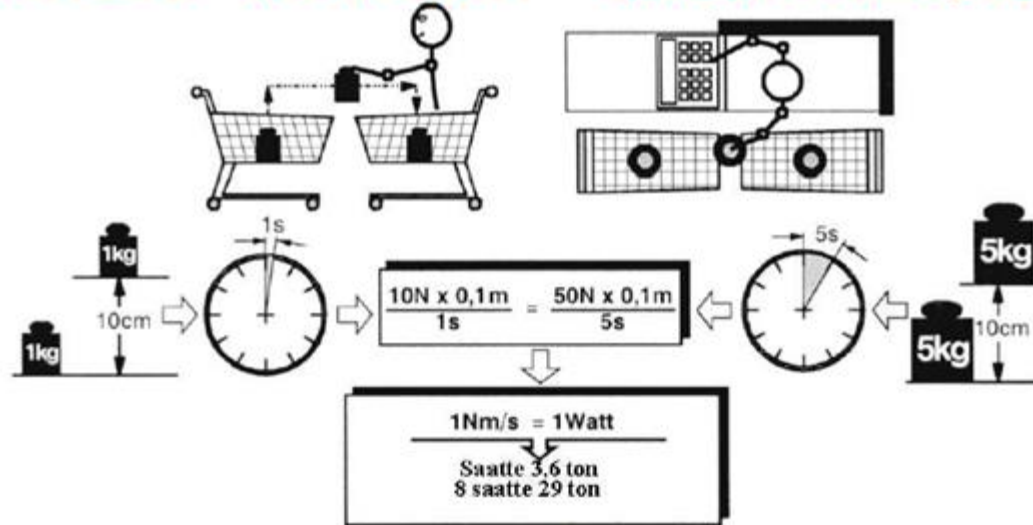


$$\begin{aligned} \uparrow 1 \times (70 + 50) \text{kg} &= 120 \text{kg} \\ \downarrow 1 \times (70 + 0) \text{kg} &= 70 \text{kg} \\ (2 \times 70 + 50) \text{kg} &= 190 \text{kg} \end{aligned}$$

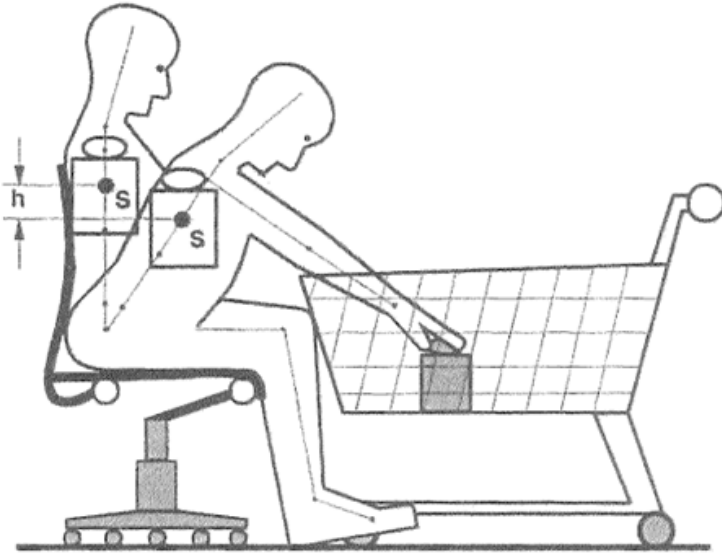


70 kg ağırlığındaki işçinin 50 kg'lık yükü bir seferde veya 5 seferde yukarıya çıkarılmasında enerji harcaması

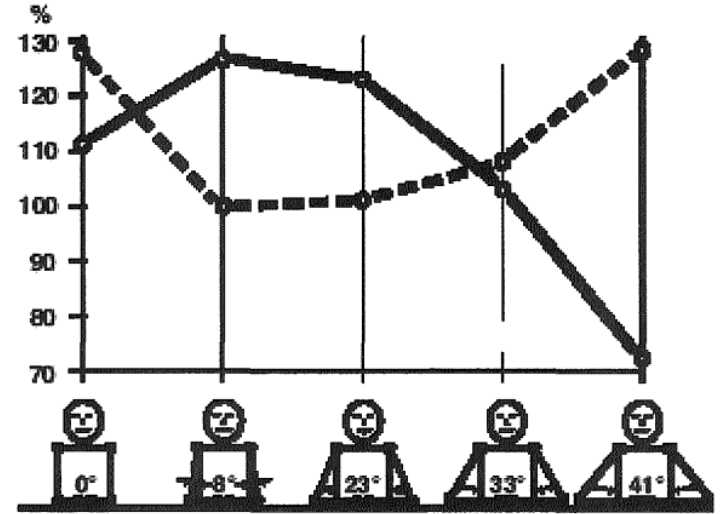
VÜCUT KONUMU – ENERJİ İLİŞKİSİ



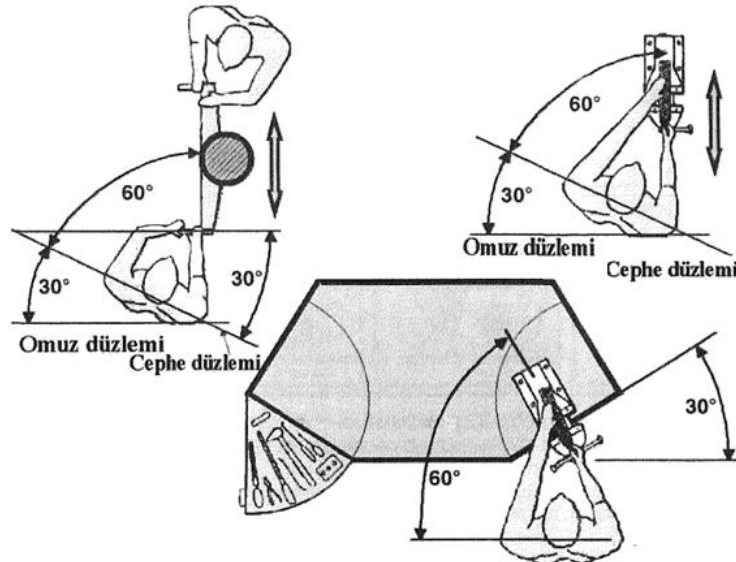
Kasiyerin sepetten sepete mal naklederek iş görmesindeki enerji



Sepetin tabanına ulaşabilmek için bedenin h kadar hareket ettirilme zorunluluğu işçiye büyük güç harcatmaktadır



Şekil 6.10 Paketleme işleminde kol açılarının işin performansına (sürekli çizgi) ve fizyolojik maliyetine (kesik çizgi) etkisi (Strasser)



İki kişinin testereyle çalışması ve mengene ile çalışmada hareket yönüyle gövde düzlemi arasındaki açı

Besinler ve Beslenme

- Çalışma hayatında enerji tüketimi ve buna bağlı olarak beslenme, verimlilik açısından önemlidir.
- İşlerin çeşitliliği farklı miktarlarda enerji gerektirdiğinden, çalışanlar bu özelliğe uygun beslenmelidir.
- Enerji ihtiyacı yaş, cinsiyet, vücut ağırlığı, boy gibi kişisel özellikler yanında fiziksel aktivitelere bağlı olarak değişmektedir.
- Örneğin,
 - oturarak çalışan bir sekreter işi 1,3 kCal/kg ek enerji
 - yüzme ve futbol işi 8,0 – 8,4 kCal/kg ilave enerji



Besinler ve Beslenme

- İşin güçlük derecesine göre kabaca ilave edilecek günlük enerji miktarı;
 - hafif işler için 0 – 500 kCal,
 - az ağır işler için 500 – 1000 kCal,
 - orta ağır işler için 1000 – 1500 kCal,
 - ağır işler için 1500 – 2000 kCal ve
 - çok ağır işler için de 2000 – 2500 kCal

Bu değerlere, hamilelik dönemi için 300 kCal, emzirme dönemi için 500 kCal ilave edilmelidir.

- Tüketilenden fazla miktarda enerji alınması ise kilo almaya ve genel verim düşüklüğü yanı sıra, sağlığı tehlikeye düşüren sorunların ortaya çıkmasına neden olur.



Besinler ve Beslenme

- Aynı işyerinde tüm çalışanların aynı enerji düzeyinde beslenmesi dengeli beslenme anlamına gelmez.
- Beslenmede, günlük enerji alımının düzenli aralıklara bölünerek öğünlerle alınması gerekir.
- Beslenmenin temel ilkesi:

“Neyi, ne zaman, ne kadar yemek gerekir?”

sorusunun cevabında saklıdır.

«Verimli enerji yönetimi için dengeli ve düzenli beslenme önemlidir».

- Enerji gereksinimine göre beslenme rejimi uygulanmalıdır.
- Günlük enerji ihtiyacının %50-60'ı karbonhidratlardan, %25-30'u yağlardan, %5-10'u proteinlerden karşılanır.



Besinler ve Beslenme

- Ana besin maddelerinin yararlı enerjiye dönüşen düzeyleri;
 - karbonhidratlar ve proteinler için 4000 kCal/kg,
 - yağlar için 9000 kCal/kg alınabilir.
- Bu temel besinlerin yanında yeterli ölçüde vitamin, mineral ve su alınmalıdır.
- **Proteinler**, hücre büyümesi, gelişmesi ve yenilenmesi etkinliklerini gerçekleştirirler; vücutta protein depolanmaz.
- **Karbonhidartlar**, en önemli enerji sağlayıcılar, kolay sindirilirler.
- **Yağlar**, karbonhidratlar ve diğer besinlerin sentezi ile elde edilirler, enerji düzeyleri yüksektir. Aşırı yağ/şeker alımı, kalp – damar hastalığı, beyin kanaması, damar sertliği, şişmanlık, yüksek tansiyon ve şeker hastalığı yapar.

