

İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**HIZLANDIRILMIŞ TAŞIT ÖMÜR TESTLERİNDE YOL VERİSİ
KULLANIMINA YENİ BİR YAKLAŞIM**

143073

143073

DOKTORA TEZİ

Mak. Y. Müh. Kubilay YAY

(503952011)

Tezin Enstitüye Verildiği Tarih : 20 Eylül 2002

Tezin Savunulduğu Tarih : 11 Nisan 2003

Tez Danışmanı : Prof.Dr. İ. Murat EREKE

Diğer Jüri Üyeleri Prof.Dr. Prof.Dr.Ali G. GÖKTAN

Prof.Dr. Ahmet GÜNEY

Prof.Dr.Samim ÜNLÜSOY (O.D.T.Ü.)

Prof.Dr.İrfan YAVAŞLIOĞLU (Y.T.Ü.)

NİSAN 2003

ÖNSÖZ

Akademik hayatım süresince değerli bilgi ve yardımlarını esirgemeyen, ve bu doktora tez konusunda beni çalışmaya teşvik eden Sayın Hocam Prof.Dr.I.Murat EREKE' ye teşekkürlerimi bir borç bilirim. Ayrıca beni dünya ya getiren ve her türlü konuda her zaman manevi ve maddi destekleriyle yanımda olan Annem İkbâl YAY ve Babam Hüseyin YAY'ya minnettarlıklarımı sunarak teşekkür dileklerimi belirtmek isterim.

Nisan 2003

Kubilay YAY

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ	ii
İÇİNDEKİLER	iii
TABLO LİSTESİ	v
ŞEKİL LİSTESİ	vi
SEMBOL LİSTESİ	viii
ÖZET	x
SUMMARY	xii
1. GİRİŞ	1
1.1. Giriş ve Çalışmanın Amacı	1
2. TAŞITLARDA HIZLANDIRILMIŞ ÖMÜR TESTİNİN TEORİSİ	6
2.1. Yol Pürüzlülüğünün Neden Olduğu Dinamik Yüklemenin Etkisi	6
2.1.1. Sinusoidal ve Düzensiz Yükleme	7
2.1.2. Dinamik Yükleme ve Gerilme Arasındaki İlişki	9
2.1.3. Yol Pürüzlülüğü ve Frekansın Etkisi	10
2.1.4. Hızlandırılmış Test Yolunun Elde Edilmesi	12
2.2. Tekerleklerde Yol Pürüzlülüğünden Meydana Gelen Genliklerin Hesabı	14
2.2.1. Yol Profiline Bağlı Uyarı Fonksiyonunun Elde Edilmesi	14
2.2.2. Spektrum ve Yol Pürüzlülüğü Spektrum Yoğunluğu	18
2.2.3. Standartlaştırılmış Yol Pürüzlülüğü Spektrum Yoğunlukları	22
2.2.4. Taşıt Tekerleklerinde Meydana Gelen Yol Profili Uyarı Genlikleri	24
2.3. Düşey Yol Pürüzlülüğü Uyarılarına Taşıt Sisteminin Cevabı	29
2.4. Yükleme Kollektifi ve Hasar Teorisi	32
2.4.1. Çevrim Sayma Metodları	33
2.4.2. Rainflow Çevrim Sayma Metodu	37
2.4.3. Palmgren-Miner Yaklaşımıyla Hasarın Elde Edilmesi	38
3. HIZLANDIRILMIŞ YOL SİNYALİ ÜRETME	40
3.1. Hızlandırılmış Ömür Testi Programı Yardımıyla Sinyal Elde Edilmesi	40
3.2. Yol Pürüzlülüğü Genliklerinin Taşıta Transfer Edilmesi	47
3.3. Mevcut Hidrolik Sarsıcı Düzenine Göre Teorik Gerilmelerin Hesaplanması	48
3.4. HASAR Hesaplamaları	51
3.4.1. Rainflow Çevrim Sayma Programını Oluşturma	51
3.4.2. Hasar Programı ve Hesabı	54
3.4.3. Level-Crossing ile Seviye Belirleme	55

4. HIZLANDIRILMIŞ ÖMÜR TESTİ BİLGİSAYAR PROGRAMI	57
4.1. Yol, Test, Frekans ve Taşıt Verilerinin Programa Girişi ve Hızlandırılmış Test Sonuçlarının Hesaplanması	58
4.2. Gerçek Yol ve Test Yolu Sinyalinin Elde edilmesi	61
4.3. Elde Edilen Sinyalin Taşıta Transferi	62
4.4. Sinyal Dosyalarının Birleştirilmesi	63
4.5. Teorik Gerilme Hesabı ile Genlik Sinyalinin Gerilme Sinyaline Transferi	64
4.6. Hasarın Hesap edilmesi	65
4.7. Level Crossing ile Karşılaştırma Kontrolü	68
5. ÖRNEK BİR HIZLANDIRILMIŞ TEST SİNYALİ OLUŞTURMA	73
5.1. Dizayn Spektrumunun Oluşturulması	74
5.2. Test Spektrumunun Oluşturulması	81
5.3. Hidrolik Sarsıcıda Çalışacak Toplam Test Sinyallerinin Oluşturulması	86
6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA	89
KAYNAKLAR	93
EKLER	96
EK-A	96
EK-B	98
EK-C	102
EK-D	105
EK-E	107
EK-F	111
EK-G	120
EK-H	123
EK-I	130
ÖZGEÇMİŞ	133

TABLO LİSTESİ

	<u>Sayfa No</u>
Tablo 2.1. Yol cinsi ve kalitesine bağlı olarak “w” ve “ $\Omega_h (\Omega_0)$ ” değişimi.....	23
Tablo 2.2. Standartlaştırılmış yol pürüzlülüğü spektrum yoğunluğu değerleri (ISO8608).....	23
Tablo 2.3. Çeşitli yol tiplerindeki Koherans fonksiyonu değerlerinin değişimi.....	27
Tablo 5.1. Dizayn Spektrumunu oluşturan veriler.....	74
Tablo 5.2. $D_D(iyi)_{\%50}$ Dizayn spektrumu Excel tablosu.....	76
Tablo 5.3. Katsayı yaklaşımına göre $D_D(iyi)_{\%50}$ için Hasar hesabı.....	77
Tablo 5.4. Katsayı yaklaşımına göre $D_D(iyi)_{\%50}$ için gerilme miktarının hesabı.....	78
Tablo 5.5. $D_D(orta)_{\%25}$ Dizayn spektrumu Excel tablosu.....	79
Tablo 5.6. $D_D(kötü)_{\%25}$ Dizayn spektrumu Excel tablosu.....	80
Tablo 5.7. $D_D(iyi)_{\%50}$, $D_D(orta)_{\%25}$, $D_D(kötü)_{\%25}$ ve toplam Dizayn Spektrumu Sonuçları.....	81
Tablo 5.8. $D_T(iyi)_{\%50}$ Test spektrumu Excel tablosu.....	82
Tablo 5.9. $D_T(orta)_{\%25}$ Test spektrumu Excel tablosu.....	83
Tablo 5.10. $D_T(kötü)_{\%25}$ Test spektrumu Excel tablosu.....	84
Tablo 5.11. $D_T(iyi)_{\%50}$, $D_T(orta)_{\%25}$, $D_T(kötü)_{\%25}$ ve Toplam Test Spektrumu Sonuçları.....	85
Tablo 5.12. Taşıtın toplam 300,000 km ye karşılık gelen Dizayn ve Hızlandırılmış Test spektrumu Hasar değerleri.....	86
Tablo 5.13. 50 km’deki Test Spektrum sinyallerine göre, 300,000 km’lik ömür için hidrolik sarsıcıdaki çalınma sayıları.....	87
Tablo 5.14. 200 km’deki Test Spektrum sinyallerine göre, 300,000 km’lik ömür için hidrolik sarsıcıdaki çalınma sayıları.....	87
Tablo 5.15. 50 km’deki yol pürüzlülüğü genliklerinin Dizayn ve Test Spektrum sonuçları.....	87

ŞEKİL LİSTESİ

	Sayfa No
Şekil 1.1	:(a) Tasarımın bilgi transferi, (b) Çalışma durumunda etkiyen parametreler.. 1
Şekil 1.2	: Nevada Otomotiv Test merkezindeki hızlandırılmış test yolu parkuru..... 4
Şekil 2.1	: İdeal hale getirilmiş S-N eğrisi..... 7
Şekil 2.2	: Çeşitli yollardaki dalgalılık dağılım yoğunlukları..... 11
Şekil 2.3	: Taşıtlarda hızlandırılmış test yolunun elde edilmesi..... 14
Şekil 2.4	: (a) Sinüs fonksiyonu, (b) Sinüs fonksiyonunun vektörel gösterimi..... 15
Şekil 2.5	: Periyodik fonksiyon için açısız frekansa bağlı uyarı genlikleri..... 17
Şekil 2.6	: Düzensiz yol pürüzlülüğü genliklerinin zamansal ve yol dairesel frekansına göre değişimi..... 17
Şekil 2.7	: Zamansal ve yol dairesel frekansına bağlı yol pürüzlülüğü spektrum yoğunlukları..... 21
Şekil 2.8	: Çeşitli yol tiplerinin, yol pürüzlülüğü spektrum yoğunluklarının " $\Omega_h(\Omega)$ " yol dairesel frekansına " Ω " ve pürüzlülük dalga boyuna " L " göre değişimleri..... 21
Şekil 2.9	: " $\Omega_h(\Omega)$ " 'nın " w " ile değişimi..... 22
Şekil 2.10	: Taşıt parametreleri..... 26
Şekil 2.11	: İki serbestlik dereceli dörtte bir taşıt sistemi..... 29
Şekil 2.12	: Yükleme kolektifleri..... 32
Şekil 2.13	: Yükleme kolektifi ve S-N eğrisine karşılık gelen " n_i " çevrim değerleri..... 33
Şekil 2.14	: Peak-Valley verilerinin oluşturulması..... 34
Şekil 2.15	: (a) Sabit genlikli yükleme, (b) Düzensiz yükleme..... 34
Şekil 2.16	: Histerisis bandında kalan verilerin kabul edilmeme durumları..... 35
Şekil 2.17	: (a) Peak-Valley Sayma yöntemi, (b) Çevrim sayısının elde edilmesi..... 35
Şekil 2.18	: (a) Level Crossing Sayma yöntemi, (b) Çevrim sayısının elde edilmesi..... 36
Şekil 2.19	: Range Pair sayma yöntemi..... 36
Şekil 2.20	: (a) Sinyal, (b) [A-B] 'nin yarım çevrim sayılarak "A" noktasının iptali..... 37
Şekil 2.21	: [E-F]'nin iptal edilmesiyle [D-G]'nin oluşumu, (b) [D-G],[G-H] ve [H-I]'nin yarım çevrim sayılması, (c) Çevrim değerleri..... 38
Şekil 2.22	: (a) Düzensiz yük spektrumu, (b) Düzenli hale getirilmiş yük spektrumu..... 38
Şekil 3.1	: Hızlandırılmış test yolu sinyalinin oluşturulması..... 40
Şekil 3.2	: Teorik olarak üretilen gerçek yol ve hızlandırılmış test yolu sinyalinin akış diyagramı..... 41
Şekil 3.3	: Bir malzemenin Wöhler diyagramı..... 43
Şekil 3.4	: Hızlandırılmış test yolu hesaplanmasının akış şeması..... 44
Şekil 3.5	: Hızlandırma oranına göre " Φ_{test} " 'in hesaplanmasının akış şeması.... 45
Şekil 3.6	: Matlab programında üretilen yol sinyali hesabının akış şeması..... 46
Şekil 3.7	: Yol sinyalinin taşıt kütlelerine transferi hesaplarının akış şeması..... 47
Şekil 3.8	: (a) Dört silindire bağlı ticari bir taşıt şasisi, (b) Kuvvet kaptörü bağlantısı ve kumanda odası, (c) Kullanılan kuvvet kaptörünün parçaları..... 48

Şekil 3.9	: Gerilmenin hesaplanması için gerekli uzunluk değerleri.....	49
Şekil 3.10	: Şasi enine ve boyuna profillerinin bağlantı noktası kesitleri.....	50
Şekil 3.11	: Teorik gerilme hesabının akış şeması.....	51
Şekil 3.12	: Peak_Valley ve Rainflow sayma yöntemi hesaplarının akış şeması...	53
Şekil 3.13	: Hasar Hesabının akış şeması.....	54
Şekil 3.14	: Level Crossing ile seviye miktarı tespit etme hesaplarının akış şeması.....	55
Şekil 3.15	: Level_Crossing ile belirli bir gerilme değerinin sayılması.....	56
Şekil 4.1	: (a) Regional options, (b) Numbers, (c) Currency.....	57
Şekil 4.2	: (a) Hard disk altındaki lifecycle ana dizini, (b) lifecycle'ın alt dizinleri.....	58
Şekil 4.3	: (a) Programın ana editörü, (b) yol, test, frekans ve taşıt verilerinin programa girişi.....	58
Şekil 4.4	: (a) Yol cinsine göre " $\Phi_h(\Omega_0)$ " ve "w", (b) ISO 8608 yol standartı, (c) Taşıt Özellikleri.....	59
Şekil 4.5	: Hızlandırılmış test sonuçları editörü.....	60
Şekil 4.6	: (a) "B"hesaplama editörü, (b) σ_K tablosu, (c) C_L , C_S , C_G değerleri.....	60
Şekil 4.7	: (a) Üretilen Yol veya Test sinyalinin Genlik-Zaman grafikleri, (b) Aynı grafiklerin büyütülmüş hali.....	61
Şekil 4.8	: " $X_{yol} \rightarrow X_{taşıt}$ " transferi için gerekli veri giriş editörü.....	62
Şekil 4.9	: Yol pürüzlülüğü sinyallerinin taşıta transfer edildikten sonraki durumu.....	62
Şekil 4.10	: (a) Oluşturulacak genlik dosyası işlem sırası, (b) Farklı yol sinyallerinin kaydı.....	63
Şekil 4.11	: (a) Gerilme sinyallerinin oluşturulduğu veri giriş editörü (b) Hidrolik sarsıcıda kaydedilmiş Genlik-Kuvvet verilerinin dosyadan okunması, (c) Üretilmiş transferi yapılacak genlik sinyallerinin dosyadan okunması, (d) Hesaplanan gerilme sinyallerinin istenilen dosyaya kaydı.....	64
Şekil 4.12	: HASAR hesaplamalarının yapıldığı program penceresi.....	66
Şekil 4.13	: (a) Rainflow sonuçlarının ekrandaki görünümü, (b) Sıklık grafiği.....	66
Şekil 4.14	: (a) Rainflow işlemine tabi tutulacak dosya, (b) Sonuçların yazdırılacağı dosya.....	67
Şekil 4.15	: Wöhler eğrisini oluşturabilmek için gerekli malzeme özelliklerinin giriş editörü.....	67
Şekil 4.16	: (a) Rainflow sonuçlarının bulunduğu dosya adı girişi, (b) Hasar hesabı sonuçları, (c) Birikim grafiği.....	68
Şekil 4.17	: (a) Gerçek Yol pürüzlülüğü σ -Zaman sinyali, (b) Hızlandırılmış yol pürüzlülüğü σ -Zaman sinyali.....	69
Şekil 4.18	: Level Crossing Hesaplama Editörü.....	69
Şekil 4.19	: (a) Peak&Valley işleminden önceki ham sinyal, (b) Peak&Valley işleminden sonra.....	71
Şekil 4.20	: (a) Level Crossing Sonuçları, (b) Peak&Valley Level Crossing Sonuçları..	71
Şekil 5.1	: Dizayn ve Test Spektrumu.....	73
Şekil 5.2	: Hızlandırılmış Ömür Testi programında Dizayn Spektrumunun elde edilmesi.....	74
Şekil 5.3	: $D_D(iyi)_{\%50}$, $D_D(orta)_{\%25}$, $D_D(kötü)_{\%25}$ için izlenecek hesaplama yöntemi.....	75
Şekil 5.4	: Eğri uydurma yöntemine göre $D_D(iyi)_{\%50}$ için Hasar hesabı.....	78
Şekil 5.5	: Eğri uydurma yöntemine göre $D_D(iyi)_{\%50}$ için gerilme miktarının hesabı.....	79
Şekil 5.6	: Aranılan gerilme değeri yığılma bölgesi ve $\sigma_D(iyi)_{\%50}$ 'nin $\sigma_D(orta)_{\%25}$ 'ye artışı.....	80
Şekil 5.7	: $D_T(iyi)_{\%50}$, $D_T(orta)_{\%25}$, $D_T(kötü)_{\%25}$ için izlenecek hesaplama yöntemi.....	82

SEMBOL LİSTESİ

A_4, B_4, C_4	: Taşıtın düzensiz yol profili cevap parametreleri
a, b, c, d	: Ön sol,sağ ve arka sol sağ tekerlek iz indisleri
B, b	: Malzemeye bağlı yorulma katsayısı
$c_{\text{taşıt}}$	: Taşıt amortisörünün sönümleme katsayısı (Ns/m)
D	: Hasar
D_D	: Dizayn spektrumunun Hasar değeri
D_T	: Test spektrumunun Hasar değeri
f	: Frekans (Hz)
G	: Taşıt iz genişliği(m)
$G_{cc}(n_{1c})$	: Gerçek yolun dalgalılık dağılım yoğunluğu (m^3)
$G_{tt}(n_{1t})$	: Test yolu dalgalılık dağılım yoğunluğu (m^3)
$G_{ij}(f)$	: Frekansa bağlı, i'nci ve j'nci tekerlek uyarıları arasındaki çapraz frekans fonksiyonu(Koherans) (m^2/Hz)
$G_{ss}(f)$	: Gerilmenin frekansa bağlı fonksiyonu (Pa^2/Hz)
$H_{is}(f), H_{js}(f)$	: i'nci ve j'nci tekerlekteki uyarı ve gerilme arasındaki frekans cevabı fonksiyonu (Pa/m)
$h(t), h(x)$	: Zamana ve yola bağlı genlik fonksiyonları
$\hat{h}$	: Açısal frekansa bağlı uyarı genliği (m)
$\underline{\hat{h}}$	: Kompleks ifadeye bağlı uyarı genliği (m)
$\hat{h}(\Omega)$	: Yol dairesel frekansına bağlı uyarı spektrumu (m^2)
$k_{\text{taşıt}}$	: Taşıt süspansiyon yayının sönümleme katsayısı (N/m)
k_{teker}	: Eşdeğer tekerlek yay katsayısı (N/m)
L	: Taşıt aks aralığı (m)
$L_{\text{min}}, L_{\text{mak}}$	: Minumum ve maksimum dalga boyları (m)
L_t, L_c	: Aracın test ve gerçek yolda gittiği mesafe (km)
M	: Tekerlek sayısı
$m_{\text{teker}}, m_{\text{taşıt}}$	: Tekerlek ve taşıt kütlesi (kg)
N	: Malzemenin Wöhler eğrisine karşılık gelen yorulma çevrim sayısı
N_t, N_c	: Test ve gerçek çalışma koşullarındaki çevrim sayıları
N_f	: Fourier katsayısı
n	: Sıklık eğrisinde her bir genlik menziline çevrim sayısı
n_t, n_c	: Test ve gerçek yolun dalgalılık sayıları (m^{-1})
P	: Koherans fonksiyon katsayısı
$q(t)$	: Zamana bağlı cevap genliği (m)
$\hat{q}(\omega)$	: Zamansal dairesel frekansa bağlı cevap spektrumu (m)
T	: Periyot(1/s)
T_t, T_c	: Test ve gerçek çalışma koşullarındaki süreler
T_i	: Herbir uyarı bileşenine ait genlik (m)
t	: Zaman (s)
u	: Koherans uyum faktörü
$V(\omega)$	: Zamansal dairesel frekansa bağlı transfer fonksiyonu

V_t, V_e	: Aracın test ve gerçek yol şartlarındaki hızları (m/s)
v	: Hız (m/s)
w	: Yol pürüzlülüğü dalgalılık faktörü
x	: Yol (m)
z	: Sinüs eğrisini belirleyen nokta sayısı
σ_t, σ_e	: Test ve gerçek çalışma koşullarında oluşan gerilmeler (Pa)
ω	: Zamansal dairesel frekans (rad/s)
Ω	: Yol dairesel frekansı (1/m)
Ω_0	: Temel yol dairesel frekansı (1/m)
$\Phi_h(\omega)$	: Zamansal dairesel frekansa bağlı uyarı spektrumu yoğunluğu (m^3)
$\Phi_q(\omega)$	: Zamansal dairesel frekansa bağlı cevap spektrumu yoğunluğu (m^3)
$\Phi_h(\Omega)$	: Yol dairesel frekansa bağlı uyarı spektrumu yoğunluğu (m^3)
$\Phi_h(\Omega_0)$	: Temel yol dairesel frekansa bağlı uyarı spektrumu yoğunluğu (m^3)
φ	: Faz açısı
φ_b	: Sol ön izden sağ ön ize geçiş açısı
φ_{aks}	: Ön ve arka tekerlekler arasında oluşan faz farkı
Ω_p	: Koherans referans frekans
γ_p	: Koherans fonksiyonu

HIZLANDIRILMIŞ TAŞIT ÖMÜR TESTLERİNDE YOL VERİSİ KULLANIMINA YENİ BİR YAKLAŞIM

ÖZET

Bu tez çalışmasının ilk bölümünde tez konusunun genel amacı ve önemi anlatılmaya çalışılmış ve konu bütünlüğü hakkında genel bilgiler verilmiştir.

İkinci bölümde hızlandırılmış ömür testi teorisi anlatılmıştır. Bu bölüm içerisinde başta yol pürüzlülüğünün neden olduğu dinamik yüklemenin etkisi, çeşitli konu başlıklarıyla verilmeye çalışılmıştır. Bir taşıta gelen sinusoidal ve düzensiz yükleme kavramları altında, hesaplamalar için gerekli denklem takımları oluşturulmuştur. Dinamik yükleme ve gerilme arasındaki ilişki anlatıldıktan sonra, yol pürüzlülüğü ve frekansın etkisine değinilmiştir. Bu konu başlığı altında son olarak, hızlandırılmış test yolunun elde edilmesi için gerekli bağıntılar çıkarılmıştır.

İkinci bölümün farklı bir konu başlığı da tekerleklerde yol pürüzlülüğünden meydana gelen genliklerin hesaplanmasıdır. Bu genliklerin elde edilmesi amacıyla yol profiline bağlı uyarı fonksiyonu incelenmiştir. Spektrum kavramı açıklandıktan sonra yol pürüzlülüğü spektrum yoğunluğunun bulunmasına geçilmiştir. Yol kalitelerinin veya yol pürüzlülüğü spektrum yoğunluklarının belirlenmesi ve standart hale getirilmesi hakkında teorik bilgiler verilmiştir. Bu konu başlığı altında son olarak ta, taşıt tekerleklerinde meydana gelen yol profili uyarı genliklerinin hesap yöntemi verilmiş ve denklem takımları oluşturulmuştur.

Bu bölümün diğer bir konu başlığı ise, düşey yol pürüzlülüğü uyarılarına karşı taşıt sisteminin cevap fonksiyonlarının elde edilmesi olmuştur. Bu sebeble iki serbestlik dereceli bir taşıt modelinin, düzensiz yol profili uyarı genlikleri karşısında cevabı incelenmiş ve cevap fonksiyonu denklem takımları elde edilmiştir.

İkinci bölümde son olarak Hasar teorisi başlığı altında, çeşitli çevrim sayma metodları tanıtılmış ve hızlandırılmış ömür testi programında kullanılan rainflow çevrim sayma metodu hesap algoritması verilmiştir. Yorulmanın bir göstergesi olan Hasar'ın hesaplanabilmesi için kullanılan Palmgren-Miner yöntemi anlatılmıştır.

Üçüncü bölüm, ikinci bölümde teorisi anlatılan konuların ışığı altında, hızlandırılmış yol sinyali üretim yöntemini anlatmaktadır. Burada Visual Basic, Matlab gibi programlama ve mühendislik yazılımları kullanılarak yazılan, ana ve alt programların hesaplama algoritmaları ve akış diyagramları verilmiştir. İlk olarak hızlandırılmış ömür testi teorisi yardımıyla, yol sinyalinin nasıl elde edildiği anlatılmaya çalışılmış ve yukarıda belirtildiği gibi hesaplamaların nasıl yapıldığına dair algoritmalar şematik olarak çizilmiştir. Bu bölüm içerisinde farklı bir konu başlığı da, elde edilen bu yol pürüzlülüğü genliklerinin taşıta transfer edilebilmesi için gerekli hesaplamaların ve yaklaşımların nasıl yapıldığıdır. Hidrolik sarsıcıların bulunduğu deney ortamında, yerli üretim ağır vasıta bir aracın şasisi üzerinden alınan genlik(deplasman)-kuvvet verilerini kullanmak suretiyle, teorik gerilmelerin oluşturulduğu farklı bir konu başlığı da yine bu bölüm içinde yer almaktadır. Bu bölümde son olarak, Hasar hesaplamaları başlığı altında, rainflow çevrim sayma

programının oluşturulması, teorisi bir önceki bölümde anlatılan Palmgren-Miner yöntemine göre Hasar'ın elde edilmesi, ve bir başka sayma yöntemi olan Level Crossing ile seviye belirlemenin hesaplama algoritmaları anlatılmıştır.

Dördüncü bölümde, ana program editörünün ve bir çok alt programın visual basic'te yazılan hızlandırılmış ömür testi programı tanıtılmaya çalışılmıştır. Program tanıtımı, sinyal üretim işlem mantığı veya sırası şeklinde yapılmıştır. Bu amaçla başta yol, test, frekans ve taşıt verilerinin programa girişi ve hızlandırılmış test Sonuçlarının nasıl hesaplandığı açıklanmıştır. Bunu takiben, gerçek yol ve test yolu sinyalinin elde edilebilmesi için gerekli adımlar ve yaklaşımlar verilmiştir. Ardından elde edilen sinyalin taşıta transfer edilebilmesi için gerekli olan verilerin programa girilmesi ve transfer işleminin tamamlanması anlatılmıştır. Görsel açıdan olayın daha iyi anlaşılabilmesi için program tarafından çizilen grafikler de aynı anda tanıtılmaya çalışılmıştır.

Bu bölüm içersinde başka bir işlem aşaması da, elde edilen sinyal dosyalarının saklanmasıdır. Bu amaçla üretilen her sinyal dosyasının veya bir kaç sinyalin birleştirilmesiyle elde edilen dosyanın işlem algoritması açısından, hangi isimle ve nasıl saklanmasının daha uygun olacağı hakkında bilgiler verilmiştir.

Yukarıda bahsedilen deney ortamından alınan genlik-kuvvet verileri yardımıyla oluşturulacak teorik gerilme için gerekli verilerin, hızlandırılmış ömür testi bilgisayar programına girilmesi ve hesaplama adımları anlatılmıştır. Bu şekilde yol pürüzlülüğünden meydana gelen ve taşıta transfer edilen genlik sinyalleri, gerilme sinyallerine dönüştürülmüş olmaktadır. Hasar'ın rainflow çevrim sayma yöntemi kullanılarak hesap edilmesi, sonuçların ekrandaki görünüşleri ve gerilme sinyalleri vasıtasıyla çizilen yükleme kollektifi (sıklık eğrisi) grafikleri hakkında bilgiler Hasar hesaplamaları başlığı altında anlatılmıştır. Ayrıca bu hesapların yapılabilmesi için program içersine veri tabanı olarak yerleştirilmiş gerekli bazı tablo ve grafiklerin kullanımlarına da değinilmiştir. Bu bölümde son olarak Level Crossing yöntemiyle belli bir gerilme seviyesinin sinyal içersindeki miktarının belirlenmesi için gerekli alt program ve bu programın işlem yöntemi anlatılmıştır.

Beşinci bölümde ise programın verilen işlem algoritması altında nasıl çalıştığını ve üretilen sinyallerde Hasar'ın denkleğinin nasıl sağlandığını göstermek amacıyla örnek bir yol sinyali üretilmiştir. Belli yol kalitelerindeki sinyallerin Hasar eşitliklerini sağlamak amacıyla, başta Dizayn ve Test spektrum kavramları açıklanmış ve bir taşıtın ömrü boyunca gidebileceği yol için dizayn spektrumu yol sinyalleri üretilmiştir. Bu dizayn spektrumu yol sinyallerine karşılık gelen Hasar eşitlikleri sağlandıktan sonra, hızlandırılmış test yolu spektrum sinyalleri üretilmiştir. Ayrıca bu konu başlığı altında iki farklı yaklaşım yöntemi kullanmak suretiyle aracın ömrü boyunca gideceği yola karşılık gelen Hasar ve gerilme seviyesi miktarları bulunmaya çalışılmıştır. Bu bölümde son olarak, farklı yol kaliteleri için elde edilen hızlandırılmış test spektrum sinyallerinin, hidrolik sarsıcı sisteminde çalınabilmesi için gerekli olan toplam sinyalin nasıl elde edildiği açıklanmıştır.

Altıncı ve son bölümde, konunun bütününi kapsayan sonuçlar, öneriler ve ileriye yönelik yapılabilecek çalışmalar hakkında bilgiler verilmiştir.

Tezin arka kapağının iç kısmında, 1025 veri işleyebilme ile sınırlandırılan hızlandırılmış ömür testi demo programı bir CD içinde verilmiştir. Programın yüklenmesi ve kurulması ile ilgili kısım bölüm 4'te anlatılmıştır. Bunun yanında, bu programın bir çok modülünün yazılı hali tezin ekler kısmına konmuştur.

A NEW APPROACH FOR USING ROAD DATA IN ACCELERATED VEHICLE LIFE TESTS

SUMMARY

In the first chapter of this thesis, general purpose and importance of thesis subject have been tried to explained, and general knowledge about wholeness of the thesis subject have been given.

Theory of the accelerated life test has been described in the second chapter of the thesis. In this chapter, first of all, dynamic effects arised from road roughness have been explained using with various headlines. According to concept of the sinusoidal and random loading acting on a vehicle, equations needed for calculations have been constituted. After relationship between dynamic loading and stress has been described, influences of the road roughness and frequency have been mentioned. Lastly, under this subject headline, correlations required for accelerated test road have been obtained

Different subject headline of the second chapter is also calculations for amplitudes of the vehicle wheels arised from road roughness. Excitation function dependent on road profile have been examined for getting this amplitudes. After spectrum concept has been explained, calculations for spectrum density of the road roughness have been mentioned. Theoretical information about determining road qualities or spectrum density of road roughness and standardizing of these has been given. At the last of this subject headline, calculation method of the excitation amplitudes arised on the vehicle wheels has been explained, and equations have been formed.

Finding response functions of the vehicle system against to the vertical road roughness excitation is also other subject headline of this chapter. For this reason, response of a vehicle model of two degree of freedom under the excitation amplitudes of random road roughness has been examined, and equations of response functions have been formed.

In second chapter, lastly, under the headline of the damage theory, various cycle counting methods have been introduced, and calculation algorithm of rainflow cycle counting process used in accelerated life test software, has been given. Palmgren-Miner rule using with calculating the damage, which is a sign of the fatigue, has been explained.

Third chapter describes producing procedure of the accelerated road signal under theory of the second chapter subjects. In this chapter, calculations algorithms and flow charts of the main and sub program written in visual basic program language and Matlab engineering software have been given. First of all, how the road signal aid with accelerated life test theory is calculated, has been tried to explained, and as it is stated above, flow charts have been drawn how the calculations done. Under the different subject headline in this chapter, how the necessary calculations and approaches have been done in order to transfer the road roughness amplitudes to the vehicle. Theoretical stresses have been constituted using with amplitude-force data

measured on chassis of a domestic heavy vehicle on the hydraulic shakers in the laboratory. This calculation is also given as a different subject headline in this chapter. At the last of the this section, under the damage calculations headline, after forming the rainflow cycle counting program, damage calculations are done according to the Palmgren-Miner rule, and level determining calculation algorithm have been explained using with other cycle counting algorithm which is level crossing.

In the fourth chapter, accelerated life test software forming main and most sub program written in visual basic program language has been tried to introduce. This software information has been given as logic of the producing signal procedure or sequences. For this reason, entering road, test, frequency and vehicle data, and how the accelerated life test results can be obtained, have been clarified. In addition to this, necessary steps and approaches for producing real road and test road signal have been explained. After this, entering necessary data to the accelerated life test program in order to transfer the produced signal to the vehicle and completing the transfer process have been described. In order to understand more clearly of this produced signal as a visual, graphics drawn by accelerated life test program have been also introduced as well.

Saving or hiding the produced signal files is an other process stage in this chapter. For this reason, in respect of processing algorithm for every produced signal files or a produced signal file which is a combination of the many signals, information has been given about which name and how saving the files is more suitable.

Entering the necessary datum to the accelerated life test program for forming the theoretical stresses that takes the aid from amplitude-force data measured by laboratory system as mentioned above, and calculation steps have been explained. Therefore, amplitudes signals arised from road roughness and transferred to the vehicle, have been converted to stress signals. Knowledge about calculating the damage using with rainflow cycle counting method, screen appearances of the results and loading collective graphics (density curved) drawn according to the stress signals, have been stated under the damage calculations headline. Furthermore, necessary a few tables and diagrams entered as a database in the accelerated life test program for calculating this process steps, have been mentioned. Lastly, in this chapter, necessary sub program for determining amount of the certain stress level in the signal according to the level crossing method and process procedure of this program has been explained.

In fifth chapter, in order to show how the damage balancing is supplied by produced signals and how the program works under the calculation algorithm, a sample accelerated road signal has been produced. In order to supply the damage equality of signals at the certain road qualities, first of all, design and test spectrum concepts have been introduced and design spectrum road signals during the vehicle life have been produced. After supplying the damage equality of the design spectrum road signal, test spectrum road signals have been produced. Furthermore, under this subject headline, damage and amount of stress level during the vehicle life has been tried to determine using with two different approach methods. In this chapter lastly, in order to be able to run the accelerated test spectrum signals produced by different road qualities in the hydraulic shaker system, how the necessary total signals will be calculated, knowledge about this has been explained.

At the last chapter of the this thesis is sixth, information about conclusions of covering the whole thesis subject, suggestions and studying will be able to done at the future, have been stated.

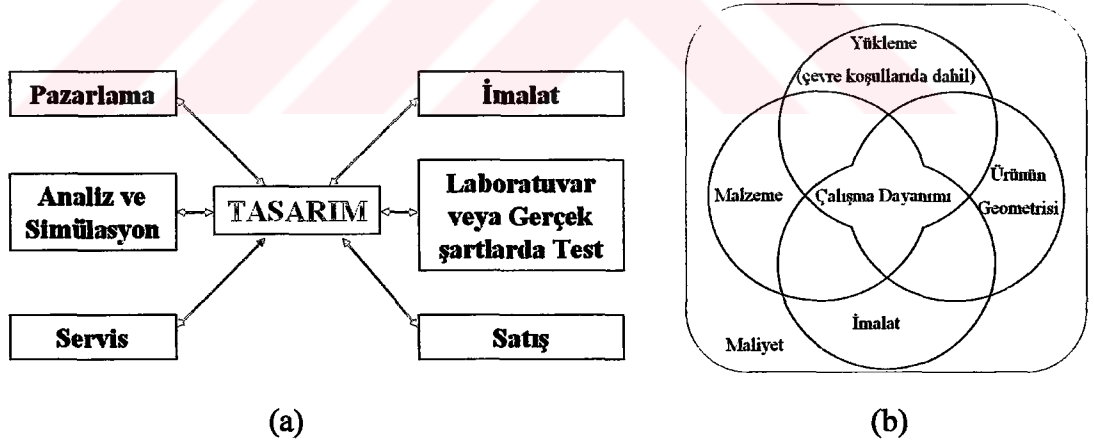
An accelerated life test demo program CD that is limited with 1025 data running capacity, has been covered at the end of the thesis. Knowledge about installing this software can be found in the fourth chapter. In addition to this, most modules of written visual basic program format has been jointed to the appendix.



1. GİRİŞ

1.1. Giriş ve Çalışmanın Amacı

Bir taşıt tasarımının gerçekleştirilmesi bir çok etkene bağlı olmaktadır. Şekil 1.1 (a)'da tasarımın geliştirilebilmesi ve bunun sonucunda ürünün kullanıcıyı tatmin edebilmesi için gerekli olan parametreler görülmektedir[1,4,7,31]. Bu etkenler çerçevesinde ürün sürekli olarak bir değişime maruz kalmaktadır. Yapılan mühendislik analiz ve simülasyonlarının sonucunda elde edilen taşıt modelinin, gerek laboratuvar ortamındaki testlerde veya gerekse gerçek çalışma koşullarındaki verileri, hesap değerleriyle denk düştüğünde, imalata ve bunun sonrası ürünün pazarlanmasına geçilmektedir. Kullanıcı ile imalatçı arasındaki bilgi transferinin sağlandığı servis noktaları, ürünün farklı kullanıcılar için veri bankaları olduğundan tasarımın geliştirilmesi açısından oldukça önemli bir nokta teşkil etmektedir. Burada bizi doğrudan ilgilendirecek konu analiz, simülasyon ve test olmaktadır. Bu çalışma-



Şekil 1.1 (a) Tasarımın bilgi transferi, (b) Çalışma durumunda etkiyen parametreler

nın asıl amaçlarından biri de, giderek gelişmekte olan ve rekabetin arttığı otomotiv sanayinde, oldukça sıklıkla kullanılan analiz ve simülasyonun geliştirilerek, ürünün ortaya çıkmasında mühendislik uygulamalarına yardımcı olmaktır. Bu sebeble ortaya çıkarılacak ürünün çalışma dayanımının tespit edilmesi gerekmektedir. Şekil 1.1 (b)'de bir taşıtın veya parçanın çalışma dayanımının saptanabilmesi için gerekli olan dört ana parametre gösterilmiştir[1]. Bunlar çevre koşullarının da dahil olduğu

yükleme durumu, ürünün geometrisi, malzemesi ve imalat özellikleridir. Uygun bir tasarımın gerçekleştirilebilmesi için de, çalışma sırasında karşılaşılan dış yüklerin, ürünün kritik bölümlerine etkileyen lokal gerilmelerin, malzemenin yorulma davranışıyla ilgili özelliklerinin bilinmesi gereklidir. Bu şekilde, taşıt veya bir parça için gerekli olan “güvenirlilik” ve “emniyet” faktörleri saptanmış olacaktır. Dolayısıyla aşırı yükleme gibi özel durumlarda ürünün minimum ömrünün saptanması bu açıdan önem kazanmaktadır. Ürün ömrünün belirlenmesi veya biçilen ömür içerisinde bütün fonksiyonlarını yerine getirmesi o üründen istenen temel özelliktir. Bu sebeple günümüz ürün geliştirme konseptinde, taşıt gövde ve komponentlerinin yorulma ve ömür kavramları ön plana çıkmış bulunmaktadır.

Taşıtların yorulmadan kaynaklanan ömürlerinin saptanması amacına yönelik çeşitli yöntemler vardır. Bu yöntemlerin en basiti, taşıtı belirlenen yol güzergahlarında öngörülen kilometre kadar yol katederek test etmektir. Taşıtın karayollarında testi basit olmasına karşın oldukça zaman alıcı, pahalı ve tekrarlanabilirliği hemen hemen imkansız bir süreçtir. Diğer bir yöntem ise belirli yol kalitelerinden meydana gelmiş özel pistlerde taşıtın test edilmesidir. Bu şekilde zaman süreci belli ölçülerde azaltılmış olmakta, ancak bu yöntemde de gizlilik sorunu aşılammamaktadır. Son olarak da gerçek yol verisi kullanmak suretiyle aracın laboratuvar ortamında test edilmesidir.

Günümüz otomotiv sanayinde gerçek yol verileri kullanılarak hızlandırılmış yorulma ömrü testleri ürün geliştirme aşamasında yaygın olarak uygulanmaya başlamıştır. Ancak gerçek yol verisinin elde edilmesi ve buna ait teknik özelliklerin belirlenmesi hayli karmaşık ve ölçüm hatalarını da içeren bir iştir. Yol kaplamalarının hem sayısal olarak ifade edilebilmesi ve belli standartlara göre tanımlanabilmesi hem de bazı bağıntılar yardımı ile ifade edilebilmesi[2], yol sinyalinin teorik olarak üretimini mümkün kılmaktadır.

Bu çalışmada, gerçek yol sinyalleri yerine teorik olarak üretilen yol sinyallerinin hızlandırılmış ömür testinde kullanılma teknikleri geliştirilmeye çalışılmıştır.

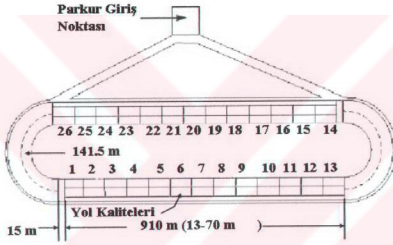
Gerek komponent bazında gerekse taşıtın şasi veya karoserisi düşünüldüğünde, her bir komponentin kendisine ait bir ömrü ortaya çıkmaktadır. Taşıt sistemi bir bütün olarak düşünüldüğünde asıl istenilen, ortak bir ömür belirlenmesidir. Fakat bir çok nedenden dolayı bu imkansızdır. Örneğin görevi titreşimleri sönmölemek suretiyle hem konfor hem de araç gövdesindeki deformasyonları azaltmak olan bir amortisör veya bağlı olduğu sistemlerin ömrü, tabiki gövdeye nazaran daha az olacaktır. Bu nedenle yorulma ömrü, diğer parçalara göre daha uzun olan taşıt gövdesinin ömrü baz alınmak suretiyle hesaplamalar

yapılmaktadır. Bilgisayar teknolojisinin ve buna bağılı olarak simülasyonun her alanda olduğu gibi otomotiv sektörüne de girmesi, çeşitli özelliklerde taşıtların daha hızlı ve güvenilir şekilde üretilmesini mümkün kılmaktadır. Gerek rekabet ortamı ve gerekse globalleşen dünyada belli otomotiv standartları, üretici firmaları araştıma geliştirme çalışmalarına ve özellikle yüksek maliyetli yazılımlar kullanmaya teşvik etmektedir. Bu şekilde oldukça yüksek maliyet ve zaman tutan birçok deneysel çalışma, daha kısa sürede, daha az insan gücü ve daha düşük maliyetle yapılabilir. Dikkat edilecek olursa son yıllarda otomotiv üreticileri, motor, gövde ve diğler parçalar için farklı garanti süreleri vermek koşuluyla, araçlarının güvenilirliklerini ve satışlarını artırma yoluna gitmektedirler.

Bu tezin temelinde araç bir bütün olarak düşünölmekte ve istenilen ömür doğrultusunda hareket edilerek hesaplamalar yapılmaktadır. Örneğın bir binek otosu için 300,000 kilometrelik bir yorulma ömrü, otomotiv üreticileri için global hale gelmiş bir değerdır. Bu ticari vasıtalarda 1,000,000 km veya daha yüksek değere çıkabilmektedir. Bir taşıtın ömrünü belirleyebilmek için, o taşıttan beklenen özellikler önemli bir yer tutmaktadır. Bu taşıt bir arazi aracıysa, dağlık arazilerde ve düz yollarda gidecek şekilde dizayn edilmesi gerekecektir. Dolayısıyla ömür hesaplamasında araca gelen yüklerin bu şartlar düşünölerek hesap edilmesi gerekecektir.

Taşıtları zorlayan kuvvetler değışken genlikli dinamik kuvvetlerdir. Bu kuvvetler yol pürüzlölüğü, lastik düzgünsüzlölüğü ve viraj gibi yol ve işletme şartlarına bağılı olarak ortaya çıkmaktadırlar[17,23]. Yol pürüzlölüğü veya düzgünsüzlölüğü, parke, asfalt, stabilize gibi çeşitli yol kalitelerinden oluşmaktadır. Bir taşıtın ömrü boyunca ortalama %50 iyi, %25 orta ve %25 kötü yol şartlarında gittiğı düşünölürse, üretime çıkmadan önce test maksadıyla ortalama 60 km/saat hızla 300,000 km'lik ömür için, 24 saat sürekli olarak 7 ay süresince kullanılması gerekmektedir. Bu süre ağır vasıta bir taşıt için daha uzun olacaktır. Fakat böyle bir çalışmayı gerçek yol şartlarında bu kadar kısa sürede ve 24 saat sürekli olarak kullanarak yapmak imkansızdır. Nerden bakılırsa bakılsın bu süre 14 ay ve daha fazla sürecektir. Aynı testi yoldan alınan gerçek yol sinyallerinin laboratuvar ortamına taşınması ve 24 saat sürekli çalınması durumunda ancak 7 ay içersinde bitirmek mümkündür. Fakat bu süre de rekabetçi piyasada oldukça uzun bir süre teşkil etmektedir. Bu amaçla aynı km'ye tekaböl eden ve daha kısa veya istenilen sürede araçta aynı yorulma deformasyonlarını oluşturacak, hızlandırılmış yol sinyallerinin üretilmesi veya yoldan alınan gerçek yol sinyallerinin modifiye edilmesi yoluna gidilmektedir. Amerika Birleşik Devletlerinin Nevada eyaletindeki otomotiv test merkezindeki gibi özel olarak tasarlanmış belli uzunluklardaki yol kaplamaları veya parkurlarında bu ömrün saptanması mümkün olabilmektedir. Şekil 1.2'de

görülen hızlandırılmış gerçek test yolu 26 değişik yol kaplamasından oluşmaktadır[27]. Fakat belli yol pürüzlülüğündeki genlikler sağlanabildiğinden, yukarıda belirtilen 7 aylık süre yaklaşık 2 aya düşürülebilmektedir. Bunun nedeni ise, yüksek genlikli yol pürüzlülük değerleri sonucunda taşıta gelen dinamik kuvvetler, taşıt ağırlığından kaynaklanan statik kuvvetten daha büyük olacağından, tekerleklerin zeminle olan teması kesilecektir. Bu durum da, tekerleklerle tahrik, fren ve yanal doğrultuda gelen gerekli kuvvetlerin sağlanamamasına sebebiyet vereceğinden, seyir emniyetini ve konforunu etkileyecektir ve bu da o taşıtı kullanamamak demektir. Bu tip yollar genelde, araç üzerindeki yorulma ömrünün belirlenmesi istenilen parçaların test etmek amaçlı kullanılmaktadır. Taşıt toplam ömrü için yaklaşık ise, belli kilometrede farklı parkurlar için araç üzerinden alınan sinyallerin modifiye edilip laboratuvar ortamına taşınmasıdır.



Şekil 1.2 Nevada Otomotiv Test merkezindeki hızlandırılmış test yolu parkuru

Bu çalışmanın asıl amacı da, taşıtın ömrü boyunca gideceği yol şartlarının belirlenmesi halinde, bu yol şartlarına göre teorik olarak yol pürüzlülüğü sinyallerinin elde edilmesi ve bu sinyallere eş değer yorulma etkisini veren hızlandırılmış yol sinyallerinin üretilmesidir. Sinyal üretilmesi sırasında ilk etapta kullanılan hızlandırılmış test yolu bağıntısı, Nevada Otomotiv test Merkezinde, S. Colin ASHMORE, Allan G. PIERSON, Joseph J. WITTE tarafından geliştirilmiştir [25,26]. Bu bağıntı yardımıyla Şekil 1.2'deki hızlandırılmış yol pistinde taşıtın kaç kilometre yol alması gerektiği hesap edilebilmektedir. Dolayısıyla çeşitli yol pürüzlülüklerinden meydana gelen bu pistte, taşıt parkur pürüzlülüğüne göre hızlanıp yavaşlayarak bu bağıntı yardımıyla hesap edilen kilometreyi yapmaktadır. Bu bağıntının hesaplanmasıyla ilgili ifadeler bölüm 2'de detaylı olarak verilmiştir. Bu çalışmada temel olarak bu bağıntıyla elde edilen hızlandırılmış yol mesafesine eşdeğer teorik yol pürüzlülüğü sinyalleri üretilmiştir.

Hızlandırılmış test yolu sinyallerinin üretilmesi için gerekli gerçek yol sinyalleri belli yol standartları baz alınmak suretiyle gerçekleştirilmektedir. Bu yol kalitelerinde taşıtta meydana gelen HASAR, hızlandırılmış yol sinyallerine denk gelene kadar, test yolu yol pürüzlülüğü değerleri, taşıtın test yolu hızları ve daha sonraki bölümde açıklanacak katsayılar belirli mertebelerde değiştirilmektedir. Bu tezde üretilen yol pürüzlülüğü sinyalleri taşıta düşey yönde gelen dinamik kuvvetlerden oluşmaktadır. Bu sebeble sadece düşey yönde yol genlikleri oluşturulacak ve bu genlikler de aynı şekilde laboratuvar ortamında taşıta iletilecektir. Tezde kullanılan ve ölçümleri yapılan taşıt şasisi, Türkiye’de üretimi yapılan bir ağır vasıtaya aittir. Bu tip deneysel çalışmalarda genelde gerek ivme ve gerek se kuvvet ölçüm noktaları ana şasi üzerinden alındığı için, bu çalışmada da ana şasi üzerindeki yorulma etkisi baz alınmak suretiyle kuvvet değerleri ölçülmüştür. Dolayısıyla ana şasi üzerinde üretilen gerçek yol sinyallerinin yorulma etkisi(D_D), bu sinyallere karşılık üretilen hızlandırılmış test yolu sinyallerinin yorulma etkisiyle(D_T) karşılaştırılmıştır[1,23,31].

Şaside oluşacak yorulma veya hasarın hesaplanmasında, gerilme değerleri elde edilirken teorik bir hesaplama yoluna gidilmiştir. Bu gerilme değerlerini direkt olarak şasi üzerine yerleştirilecek strain gage’ler ile de ölçmek mümkündür. Hasar analizinin boyutu bu çalışmanın kapsamı dışında tutulduğu ve sadece Dizayn ve Test spektrumlarının hasar değerlerinin denkliği araştırıldığı için gerilmenin teorik olarak hesaplanması yolu seçilmiştir.

Yol pürüzlülüğünden meydana gelen genlikler modele ait transfer fonksiyonu yardımıyla şasiye uygulanmıştır. Taşıt şasisinin bağlı olduğu yay, amortisör, tekerlek sisteminin sönümlleme etkileri ve bağlı bulunduğu kütleler de hesaplamaya dahil edildiğinden, daha gerçekçi bir transfer işlemi gerçekleştirilmeye çalışılmıştır.

2. TAŞITLARDA HIZLANDIRILMIŞ ÖMÜR TESTİNİN TEORİSİ

Taşıtlarda yol pürüzlülüğünden kaynaklanan dinamik yüklere karşı dayanımın tespiti amacıyla, yol pürüzlülüğü simülasyonu kullanılmak suretiyle laboratuvar ortamında hızlandırılmış ömür testleri yapılmaktadır. Oldukça hızlı ve düşük maliyetlerle sonuca ulaşılan bu yöntem vasıtasıyla, taşıtta yorulma sonucunda oluşan deformasyonlar görülüp kısa zaman içerisinde gerekli önlemler alınmaktadır.

Amerika Birleşik Devletlerindeki Nevada Otomotiv Test Merkezinde yapılan çalışmalar neticesinde araç hızı, yol pürüzlülüğü, frekans, malzeme ve yorulma gibi birtakım özelliklere bağlı olarak taşıtların hızlandırılmış ömrünü simule eden çeşitli bağıntılar geliştirilmiştir [25,26].

2.1. Yol Pürüzlülüğünün Neden Olduğu Dinamik Yüklemenin Etkisi

Yapısal yorulma analizi temel olarak kırılma teorisi prensiplerini içermekte olup basit bir şekilde ifade edilirse; belli bir periyodik gerilme genliği altında parçanın yorulma çevrim sayısının bulunmasıyla ilişkilidir. Bir taşıttaki yorulma o taşıttaki yük taşıyan parçaların yorulma hasarı olarak belirtilmektedir. Bu konu üzerine yapılan birçok çalışmadan biri olan “Tersinir Güç Kanunu” (Inverse Power Law) parçanın ömrü ile gerçek çalışma durumundan kaynaklanan gerilme seviyesi arasındaki ilişkiyi formüle eden bir bağıntıdır (2.1).

$$T(\sigma) = c \cdot \sigma^{-n} \quad (2.1)$$

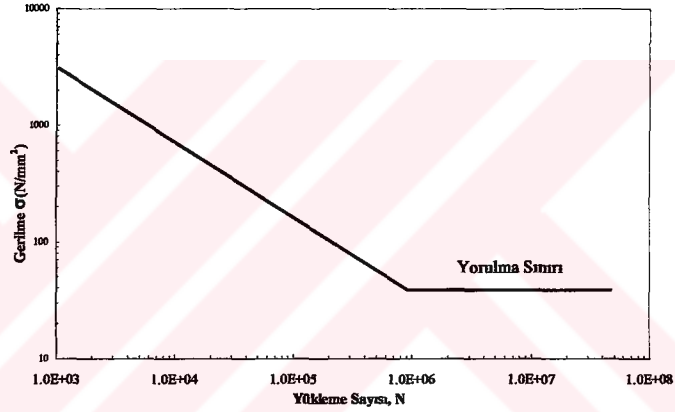
Burada “ σ ” değeri gerilme seviyesiyle orantılı dinamik yük, “ $T(\sigma)$ ” değeri σ yükleme seviyesindeki yorulma zamanı, “ c ” değeri orantısal sabit ve “ n ” değeri ise eğim parametresidir. Bütün taşıtlar için hızlandırılmış titreşim testlerinin sonuçları bu formüle (2.1) dayanmaktadır.

Belli seviyedeki tekrarlı yükler birikerek artan (kümülatif) hasarı oluşturur ve en sonunda bu olay çatlağın başlamasına sebebiyet verir ve parça işlevini yitirene kadar da çatlak yayılmaya devam eder. Bu birikim hasarı malzemenin dayanıklılık veya yorulma sınırını belirlemektedir. Bir çok farklı malzemenin yorulma sınırını

veya kaç çevrim sonra hasar göreceğini belirten çeşitli formlarda çizilmiş S-N eğrileri mevcuttur. Fakat hızlandırılmış testler için genellikle S-N eğrisinden ilk istenen yaklaşım Şekil 2.1’de görüleceği üzere eğrinin iki düzgün doğrudan oluşması ve eksenlerin logaritmik olmasıdır [25,26]. Daha ileri yaklaşım veya basitleştirme ise malzemenin yorulma sınırının ihmal edilerek S-N eğrisinin tek bir düzgün doğruyla ifade edilmesidir. Bu şekilde en önemli ikinci temel denklemi (2.2) yazmak mümkün olmaktadır.

$$N = c \cdot \sigma^{-b} \quad (2.2)$$

Görüleceği üzere bu bağıntı denklem (2.1)’deki “Tersinir Güç Kanunu” ile aynı formda olup buradaki “b” değeri malzemenin yorulma parametresi, “σ” periyodik gerilmenin tepe (peak) değerlerini ifade etmektedir.



Şekil 2.1 İdeal hale getirilmiş S-N eğrisi

2.1.1. Sinusoidal ve Düzensiz Yükleme

Sinusoidal yükleme basit bir şekilde ifade edilirse sinusoidal bir çalışma ortamı simüle etmek için kullanılmaktadır. Denklem (2.3) denklem(2.2) den elde edilmiş olup, hızlandırılmış bir testteki gerilme çevrim sayısının(N_t) gerçek çalışma durumunda oluşan yorulma hasarının eşdeğerini vereceğini ifade etmektedir.

$$N_t = \left(\frac{\sigma_e}{\sigma_t} \right)^b N_e \quad (2.3)$$

Burada “ N_t , N_e ” sırasıyla test ve gerçek çalışma süresince meydana gelen gerilme çevrim sayısı, “ σ_t , σ_e ” sırasıyla test ve gerçek çalışma durumlarındaki tepe gerilme değerleri ve “b” değeri S-N eğrisinden alınan yorulma parametresidir

Sinusoidal yükleme durumunda şayet test ve gerçek çalışma durumlarındaki frekans tamamıyla aynı ise gerilme çevrim sayısı zamanla orantılı olur ($N \sim T$) ve (2.4) denklemiyle ifade edilir.

$$T_t = \left(\frac{\sigma_e}{\sigma_t} \right)^b T_e \quad (2.4)$$

Burada görüleceği üzere T_t , T_e sırasıyla test ve gerçek çalışma sürelerini göstermekte olup diğer bütün terimler denklem (2.3) ile aynıdır.

Düzensiz bir yükleme durumu için yine aynı şekilde o malzemenin düzensiz yükleme sonucunda elde edilmiş S-N eğrisi mevcut olmaktadır. Denklem (2.3) teki “ σ_t, σ_e ” tepe gerilmelerini rms(root mean squared) “ $\sigma_{rmst}, \sigma_{rmse}$ ” değerleri ile ve “ N_t, N_e ” değerlerini maksimum gerilme çevrim sayılarıyla değiştirilebilir. Bu şekilde denklem (2.5) teki gibi olacaktır.

$$N_t = \left(\frac{\sigma_{rmse}}{\sigma_{rmst}} \right)^b N_e \quad (2.5)$$

Eğer test ve gerçek çalışma durumundaki gerilme değerleri frekansa bağlı bir fonksiyon olarak hesaplanırsa veya başka bir değişle $[G_{sse}(f)/G_{sst}(f)] = \text{sabit}$ olursa denklem (2.4)’e benzer bir şekilde zaman gerilme çevrim sayısı ile orantılı olur ($T \sim N$) ve (2.6) bağıntısı elde edilir.

$$T_t = \left(\frac{\sigma_{rmse}}{\sigma_{rmst}} \right)^b T_e = \left(\frac{\sigma_{rmse}^2}{\sigma_{rmst}^2} \right)^{\frac{b}{2}} T_e = \left(\frac{G_{sse}(f)}{G_{sst}(f)} \right)^{\frac{b}{2}} T_e \quad (2.6)$$

S-N eğrisinin eğimini ve değerlerini etkileyen çok sayıda faktör vardır. Bunlar (a) malzemenin geometrisi ve yükleme faktörleri, (b) çevresel faktörler. olarak karşımıza çıkmaktadırlar. Geometri ve dinamik yükleme faktörlerinin en önemlileri; yükün dinamik karakteri (düzensiz, periyodik), yapısal yükleme çeşidi (eğilme, burulma), ortalama gerilme, yapısal bozukluklar (çentikler, oyuklar) ve kaynak dikişleridir. Çevresel faktörlerin en önemlileri ise ; sıcaklık, korozyon, nem, rakım ve statik ivmelenmedir. “b” yorulma parametresi için uygun bir değer seçerken bu etkileri de belli bir uygunlukta yansıtmak şeklinde seçilmesi gerekmektedir. Bununla birlikte “b” değeri basitleştirilmek suretiyle pratikte standart bir değer olarak yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Amerikan standardı MIL-STD-810E). Bu

değer sinusoidal yükleme için 6, düzensiz bir yükleme için ise 8 alınabilmektedir. Bölüm 3' te "b" yorulma parametresinin hesaplanması ile ilgili bilgiler verilecektir.

2.1.2. Dinamik Yükleme ve Gerilme Arasındaki İlişki

Sadece kendi ağırlığından oluşan yükü taşıyan sabit parametrelili lineer bir sisteme sahip bir taşıt yapısı düşünelim. Yol pürüzlülüğünden kaynaklanan dinamik yüklerin etkilediği tekerlekler ve süspansiyon sistemi için bu yapının herhangi bir noktasındaki dinamik gerilmeler denklem (2.7)'deki gibi hesaplanabilmektedir [25,26].

$$G_{ss}(f) = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M H_{is}^*(f) H_{js}(f) G_{ij}(f) \quad (2.7)$$

Burada " $G_{ss}(f)$ " değeri taşıtın belirli bir konumundaki gerilmesinin frekansa bağlı fonksiyonunu vermekte olup birimi " Pa^2/Hz " dir. " $H_{is}(f)$ ve $H_{js}(f)$ " değerleri sırasıyla i'nci ve j'nci tekerlekteki uyarı ile gerilme arasındaki frekans cevabı fonksiyonunu ifade etmektedir ve birimi " Pa/m "dir. " G_{ij} " değeri i'nci ve j'nci tekerlek uyarıları arasındaki koherans fonksiyonunu belirtmektedir ve birimi " m^2/Hz " dir. "M" tekerlek sayısını, "*" ise kompleks bileşeni ifade etmektedir.

Denklem (2.7)'e göre statik olarak bir taşıt yapısının bütün noktalarındaki dinamik gerilmeler aşağıda belirtilen koşullar sağlandığında farklı iki yol durumu için aynı olacaktır;

- Herbir tekerleğe gelen yol pürüzlülüğü uyarısının frekansa bağlı fonksiyonu ($G_{ii}(f)$; $i=1,2,...,M$) bu iki farklı yol için aynıdır.
- Herbir tekerleğe karşı diğer tekerleğe gelen yol pürüzlülüğü uyarısı arasındaki koherans ($G_{ij}(f)$; $i \neq j=1,2,...,M$) bu iki farklı yol için aynıdır.

Daha ilerki bir yaklaşım olarak yol pürüzlülüğünün sabit uzayda homojen olduğu farz edildiğinde, M tekerleğe gelen yol pürüzlülüğü uyarılarının frekansa bağlı fonksiyonu ($G_{ii}(f)$) taşıtın herhangi bir noktasındaki gerilmelerin frekansa bağlı fonksiyonu ($G_{ss}(f)$) ile benzer ve orantılı olacaktır. Diğer bir değişle ifade edilecek olursa " $G_{ii}(f) = G_{xx}(f) \sim G_{ss}(f)$ " dir.

Bir taşıtta yorulma sonucunda oluşan çatlağın oluşumuna bakıldığında, öncelikle kütle, katılık ve sönümlleme gibi zamanla değişmeyen fiziksel parametrelerin etkin olduğu farzedilmektedir. Bununla birlikte, denklem (2.7) aynı zaman da taşıt süspansiyon sistemindeki elemanlar ve aracın lastikleri ile ilgili frekans cevabı

fonksiyonlarını da içermektedir. Süspansiyon sistemi elemanlarının ve lastiklerin fiziksel parametreleri özellikle çevresel faktörler ve ilerliyen yaş ile biraz değişecektir. Buna rağmen, bütün bir taşıt için sabit parametrelili yaklaşımın kabul edilebilir uygunluktur.

Taşıtın fiziksel parametreleri gibi, temel taşıt yapısına uygun lineerleştirme kabulü yapılabilecek, başka ciddi bir problem olmamakla birlikte süspansiyon sistemleri ve taşıt lastikleri genelde lineer olmayan(nonlinear) bir karakteristiğe sahiptir. Başka bir şekilde ifade etmek gerekirse, çoğu süspansiyon sisteminin elemanlarındaki sapmalar çok büyük mertebelerde olmadığı sürece lineer kabul edilebilir yöndedir. Aynı durum pnömatik lastikler için de geçerlidir. Pratikteki başlıca problem beklenmedik bir şekilde lineerlikten sapmadır. Süspansiyon sisteminin en dip noktasına dayanması veya bir lastiğin yerden ayrılması buna örnek teşkil etmektedir. Bu durumda yapılması gereken şey; taşıtın gerek gerçek çalışma koşullarında, gerekse de hızlandırılmış test süresince böyle beklenmedik bir şekilde lineerlikten uzaklaşma durumlarının oluşmadığı veya oluşmayacağı kabulünün yapılmasıdır. Üzerinde önemle belirtilmesi gereken bir diğer konu ise bu kabulün aracın engebeli arazide aşırı hız yapması halinde geçerli olmayacağıdır. Bilindiği gibi arazi taşıtlarında kullanılan sistemler gerek düz yol, gerek se bu tip arazi koşullarında çalışacak şekilde dizayn edilmektedir.

2.1.3. Yol Pürüzlülüğü ve Frekansın Etkisi

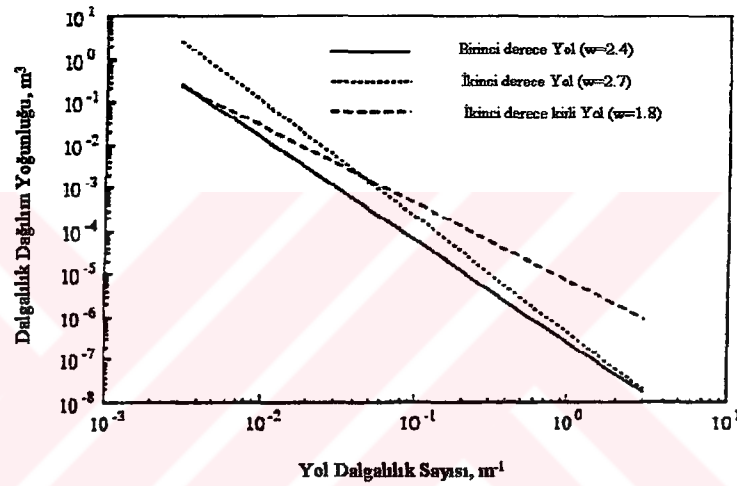
Yol pürüzlülüğünün dağılım karakteristiği kapsamlı bir şekilde ölçülen çeşitli yol tiplerinden oluşmaktadır. Oldukça kaliteli otoban yolları ile bakımsız bozuk yollardaki ölçüm sonuçları bu dağılıma örnek teşkil etmektedir. Bu değerler genellikle yolun dalgalılık dağılımı ile ifade edilmektedir. Burada zamandan bağımsız bir değişken olan yol uzunluğu, yolun pürüzlülük verilerini taşıtın yoldaki hızından bağımsız kılmaktadır. Çoğunlukla yol pürüzlülük verileri birbirine benzer karakteristiklerde ortaya çıkmaktadır. Yol pürüzlülüğünün değerlendirilmesindeki ilk yaklaşım, dalgalılık dağılım yoğunluğunun dalgalılık sayısının bir negatif üs ile ifade edilmesidir. Denklem (2.8) bu yaklaşımı ifade etmektedir.

$$G_{xx}(n) \sim n^{-w} \quad (2.8)$$

Burada “ $G_{xx}(n)$ ” değeri yolun dalgalılık dağılım yoğunluğu olup birimi “ m^3 ” tür. “ $n=f/V$ ” dalgalılık sayısıdır ve birimi “ m^{-1} ” dir. Burada “ f (Hz)” frekans, “ V (m/s)” ise taşıtın hızıdır. “ w ” değeri yol pürüzlülüğünün eğim sabiti veya dalgalılık faktörü olup “ $\log G_{xx}(n)$ ” ile “ $\log n$ ” arasındaki eğimi ifade etmektedir.

Şekil 2.2 de çeşitli yolların dalgalık dağılım yoğunluklarının dalgalık faktörüne(w) göre değişim değerleri gösterilmiştir. Buradaki değerler düzensiz yol pürüzlülüklerini göstermektedir. Gerçek yol ölçümleri ve standartlaştırılmış yol dalgalık dağılım yoğunluklarından daha ileri bölümlerde bahsedilecektir.

Hernekadar yol pürüzlülüğü değerleri taşıt hızından bağımsız ölçülmekte ise de taşıtta oluşan hasarların çoğunun frekansa bağlı olduğu bilinmektedir. Denklem (2.7)'de görüleceği üzere frekans dağılımı yol pürüzlülüğü ölçümlerinde daha önemli olmaktadır. Herhangi bir yol için, sabit hızlı bir taşıttaki yol pürüzlülüğü frekans dağılımı denklem (2.9) daki gibi ifade edilmektedir.



Şekil 2.2 Çeşitli yollardaki dalgalık dağılım yoğunlukları

$$G_{xx}(f, V) = \frac{G_{xx}(n)}{V} \quad (2.9)$$

Burada “ $G_{xx}(f, V)$ ” değeri belli bir taşıt hızındaki yol pürüzlülüğü frekans dağılımını ifade etmekte olup birimi “ m^2/Hz ” dir. Denklem (2.8) ve (2.9) dan hareketle (2.10) bağıntısını yazmak mümkündür.

$$G_{xx}(f, V) \sim \frac{V^{(w-1)}}{f^w} \quad (2.10)$$

Bir taşıt aynı yol güzergahında iki farklı hızda kullanılsın. Bu hızlardan biri “ V_e ” ve diğeri ise hızı daha yüksek olan “ V_t ” olsun. Herhangi belirli bir frekansta (2.10) bağıntısı denklem (2.11)’deki halini alacaktır.

$$G_{xx}(f, V_t) = G_{xx}(f, V_e) \left[\frac{V_t}{V_e} \right]^{(w-1)} \quad (2.11)$$

Taşıt yapısı ve süspansiyon sisteminin normal modlarından dolayı gerilme zaman dağılımı bazı zamanlar bir veya iki frekans aralığında kritik olabilmektedir. Bu olay sık olarak taşıt gövdesi eğilme modu frekansında ve/veya süspansiyon sistemi modu frekansında görülmektedir. Şayet bu olayın taşıtın yük taşıyan bölümlerinde meydana geldiği ve maksimum dinamik gerilmenin bu bölgelerde olduğu farzedilirse, burada kritik “ f_1 ” frekans değeri oluşacaktır. Bu frekans değerini farklı yollardaki hasarları karşılaştırmak amacıyla referans olarak kullanmak mümkündür.

Taşıtın gerilme cevabı için tek bir kritik “ f_1 ” frekansının var olduğu düşünülün, yol pürüzlülüğünün bu frekanstaki frekans dağılım yoğunluğu “ V_e ” hızındaki seyir için “ $G_{xx}(f_1, V_e)$ ” olacaktır. (2.9) denklemini kullanmak suretiyle bu değer (2.12) bağıntısıyla hesaplanabilmektedir.

$$G_{xx}(f_1, V_e) = \frac{G_{xx}(n_{1e})}{V_e} \quad (2.12)$$

Kritik frekans değerini(f_1) iki yolla tanımlamak mümkündür;

- Kritik frekans, dinamik gerilme zaman dağılımından denklem (2.13) teki gibi hesaplanmaktadır.

$$f_1 = \frac{1}{2\pi} \left[\frac{\int_0^\infty (2\pi f)^2 G_{ss}(f) df}{\int_0^\infty G_{ss}(f) df} \right]^{1/2} \quad (2.13)$$

- Kritik frekans saniyede yarım tur sayılan “rainflow” çevrim değeri olsun ve bu değer de taşıtın test çevrimi süresince gerilmenin en yüksek olduğu bölgedeki gerilme zaman dağılımından tespit edilsin.

Bu nedenlerden, gerçek ve test yolları farklı dalgalılık faktörlerindeki yol pürüzlülük dağılımlarına sahip olmaktadır. Yukarıdaki her iki prosedür de kritik frekansları hesap eden potansiyel problemleri ortaya çıkarmaktadır ve bu frekanslar gerçek ve test yolundaki çeşitli bölümler için farklı olabilmektedir. Test yolu çevrimi genellikle taşıta en şiddetli dinamik yükleri sağladığı için kritik frekans test yolu çevrimi için hesap edilmelidir [25.26].

2.1.4. Hızlandırılmış Test Yolunun Elde Edilmesi

Daha önceki bölümde malzemenin yorulma eğrisinden S-N(wöhler eğrisi) faydalanılarak, tersinir güç kanunu yardımıyla taşıt ömrünü hesaplamanın mümkün olduğu ifade edilmişti. Bir taşıtın V_e hızında, yolun dalgalılık dağılım yoğunluğu

“ $G_{ee}(n_{1e})$ ” nedeniyle oluşan dinamik yüklerin etkisiyle gerçek bir yolda seyir halinde olduğu farzedilsin. Aynı şekilde yolun dalgalılık dağılım yoğunluğunun “ $G_{tt}(n_{1t})$ ” olduğu ve bu yoldan meydana gelen dinamik yüklerin etkisinde bir test seyrinin olduğu farzedilsin. T_t zamanında test seyrinde oluşacak yorulma hasarı, T_e zamanda gerçek yol seyrinde oluşan yorulma hasarı ile aynı olmaktadır. Daha önce elde edilen (2.6) ve (2.9) bağıntısını kullanmak suretiyle, T_t zamanını denklem (2.14) ile hesaplamak mümkündür.

$$T_t = T_e \left(\frac{G_{ee}(f_1 \cdot V_e)}{G_{tt}(f_1 \cdot V_t)} \right)^{\frac{b}{2}} = T_e \left(\frac{V_t G_{ee}(n_{1e})}{V_e G_{tt}(n_{1t})} \right)^{\frac{b}{2}} \quad (2.14)$$

Burada “ $G_{ee}(f_1, V_e)$ ” değeri V_e hızında f_1 gerçek yol uyarı frekansına bağlı yolun spektrum yoğunluğu olup birimi “ m^2/Hz ” dir. Aynı şekilde “ $G_{tt}(f_1, V_t)$ ” değeri de V_t hızında f_1 test yolu uyarı frekansına bağlı yolun spektrum yoğunluğu olup birimi “ m^2/Hz ” dir. “ b ” değeri de daha önceden de ifade edildiği gibi S-N eğrisinden gelen yorulma parametresidir.

(2.14)’bağıntısını zaman yerine yol boyutunda düşündüğümüzde “ $T=L/V$ ” eşitliğinden bu çalışmanın asıl en önemli noktasını temsil eden (2.15) ve (2.16) bağıntıları elde edilmektedir.

$$L_t = L_e \frac{V_t}{V_e} \left(\frac{G_{ee}(f_1 \cdot V_e)}{G_{tt}(f_1 \cdot V_t)} \right)^{\frac{b}{2}} \quad (2.15)$$

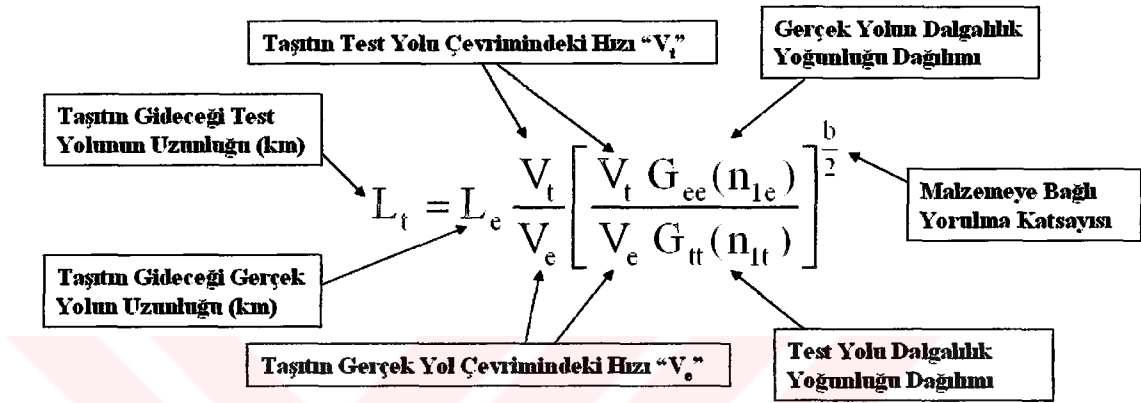
$$L_t = L_e \frac{V_t}{V_e} \left(\frac{V_t G_{ee}(n_{1e})}{V_e G_{tt}(n_{1t})} \right)^{\frac{b}{2}} \quad (2.16)$$

Burada “ L_t ” ve “ L_e ” değeri sırasıyla test ve gerçek yolun uzunlukları olup birimi “ m ” dir. “ $G_{tt}(n_{1t})$ ” ve “ $G_{ee}(n_{1e})$ ” değerleri daha önceden de bahsedildiği üzere sırasıyla test ve gerçek yol seyrirlerinin n_{1t} , n_{1e} , V_t , V_e değerlerindeki dalgalılık dağılım yoğunluklarıdır.

Bir test çevriminin farklı homojen yol şartlarından oluştuğu düşünülürse, toplam bir test yolu elde etmek için (2.16) denklemi vasıtasıyla aşağıdaki (2.17) bağıntısı elde edilir. Burada “ P ” değeri farklı homojen yol kademelerini ifade etmektedir ($i=1,2,...P$).

$$L_t = \sum_{i=1}^P L_e \frac{V_t}{V_e} \left(\frac{V_t G_{ee}(n_{le})}{V_e G_{tt}(n_{lt})} \right)^{\frac{b}{2}} \quad (2.17)$$

(2.16) bağıntısı şematik olarak Şekil 2.3'te görülmektedir. Burada herbir parametrenin üzerinde kısa açıklamalar yapılmak suretiyle sistem daha anlaşılır bir hale getirilmeye çalışılmıştır.



Şekil 2.3 Taşıtlarda hızlandırılmış test yolunun elde edilmesi

2.2. Tekerleklerde Yol Pürüzlülüğünden Meydana Gelen Genliklerin Hesabı

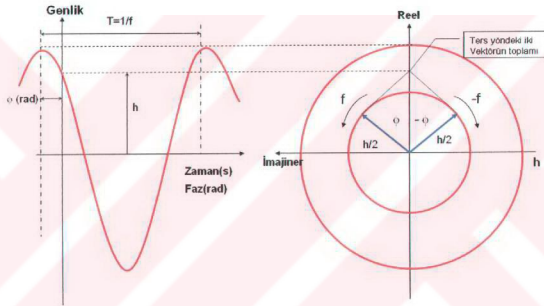
Bir önceki kısımda yol pürüzlülüğünün taşıtın gerçek ve test çevrimine etkisi açıklanmış fakat yol pürüzlülüğünün teorik hesaplanması ve taşıt tekerleklerinde meydana getirdiği uyarı genliklerinden bahsedilmemiştir. Burada özellik arz edecek en önemli konu yol pürüzlülüğünden dolayı titreşen tekerleklerde oluşan uyarı genliklerinin elde edilmesi olacaktır. Bu yüzden başta yol pürüzlülüğü spektrum yoğunluğunun teorik olarak nasıl hesaplandığının bilinmesi gerekmektedir.

2.2.1. Yol Profiline Bağlı Uyarı Fonksiyonunun Elde Edilmesi

Yol pürüzlülüğünden meydana gelen uyarılar sinüsoidal ve harmonik fonksiyonların raslantısal(düzensiz) olarak tekrar etmesinden oluşmaktadır. Taşıtlar bu sebeple uzun ve kısa periyotlu frekans aralıklı titreşimlere maruz kalmaktadır. Yüksek genlikli titreşimler uzun, kısa genlikli titreşimler ise kısa periyotlu frekans aralıklarından meydana gelmektedir. Fourier analizi yardımıyla yol pürüzlülüğünden kaynaklanan titreşimler frekans boyutunda hesaplanabilmektedir. Bu analizin yapılabilmesi için bir frekans aralığının tespit edilmesi gerekmektedir. İnsan

vücudunun duyarlılığı(konfor açısından), taşıtın seyir emniyeti ve yorulma mukavemeti açısından bu titreşim bölgesi aralığı 0.5 ile 30 Hz arasında olarak belirlenmiştir. Bu amaçla ölçüm aşamasında hesaplamada kullanılacak frekans değeri, gerek Fourier analizi ve gerek se ölçüm hassasiyeti açısından belirlenen frekans değerinin minimumu iki katı olmalıdır. Deneysel olarak gerçek bir yolda yapılacak titreşim ölçümleri için, frekans ve yolun zamana bağlı değişimini ortak kriter olarak ele aldığında “ $t=1/f$ ”, “ $x=vt$ ” bağıntıları yardımıyla ölçüm hassiyeti ile ilgili bir fikir elde edilmesi mümkün olacaktır. Burada “ v ” taşıtın seyir hızıdır.

Fourier analizi yardımıyla uyarı fonksiyonundan frekans spektrumunun elde edilebilmesinin temelindeki matematiksel yaklaşım, herbir uyarı sinyalinin kendi genliği ve faz açısı olan bir çok sinüs fonksiyonundan meydana gelmesidir. Şekil 2.4’de bir sinüs fonksiyonunun grafiksel ifadesi görülmektedir. Burada “ h ” değeri



Şekil 2.4 (a) Sinüs fonksiyonu, (b) Sinüs fonksiyonunun vektörel gösterimi

genliği, “ T ” değeri periyodu ve “ ϕ ” değeri ise faz açısıdır. Şekil 2.4(a) grafiğinde zaman ve faz bilgisinin aynı eksen üzerinde olması ve çakışması nedeniyle, sinüs fonksiyonunun birbirine göre ters yönde dönen, reel ve imajiner kısımlardan oluşan iki vektör yardımıyla gösterimi amaçlanmıştır (Şekil 2.4(b)). Burada dönen vektörlerin herbirinin genliği “ $h/2$ ”, saat yönünün tersi yönündeki vektörün frekansı “ f ” ve faz açısı “ ϕ ” iken saat yönünde hareket eden vektör de bu değerler negatif olmaktadır. Bileşke vektörü elde ederken bu iki vektörün reel ve imajiner kısımları toplanmakta, imajiner kısımları oluşturan frekans ve faz açıları da ters işaretli olduğundan birbirini götürmekte, dolayısıyla bileşke vektör bu reel kısımların toplamından oluşmaktadır. Bu şekilde toplam genlik “ h ” olmakta ve imajiner ve reel eksnlere dik bir biçimde zaman ekseninde uzatıldığında, zaman ve faz değerlerinin çakışması önlenmiş olmaktadır.

Bir sinüs periyodik fonksiyonunu Fourier serisi olarak açmak suretiyle bu analizin anlaşılması daha kolay hale gelecektir. Yol uyarı fonksiyonu olarak kullanılacak en basit sinüs fonksiyonu denklem (2.18) gibi ifade edilmektedir[3,22,32].

$$h(t) = h(t + nT) \quad (2.18)$$

Bu bağıntı, sinüs fonksiyonunun "n" tamsayı olmak üzere "t" anından sonraki her tam bir periyot "T" için aynı değeri verdiğini göstermektedir. Frekansa bağlı genlik ifadesini " $H(f_k)$ " elde etmek için yol pürüzlülüğünden kaynaklanan ve bir çok sinüs fonksiyonundan meydana gelmiş " $h(t)$ " zamana bağlı genlik ifadesi denklem (2.19) daki gibi entegre edilir.

$$H(f_k) = \frac{1}{T} \int_{-T/2}^{T/2} h(t) e^{-j2\pi f_k t} dt \quad (2.19)$$

Burada " f_k " k nolu bileşenin frekansıdır. Bütün "t" zamanındaki vektörlerin gerçek değerleri, bu vektörlerin frekansa bağlı genliklerinin ($H(f_k)$) $e^{-j2\pi f_k t}$ birim vektörüyle çarpılması sonucunda elde edilebilmektedir. Bu çarpımların toplamı sonucu $h(t)$ harmonik fonksiyonu "Ters Fourier Transformasyonu" ismini alır ve matematiksel olarak denklem (2.20)'deki gibi ifade edilir.

$$h(t) = \sum_{-\infty}^{\infty} H(f_k) e^{-j2\pi f_k t} \quad (2.20)$$

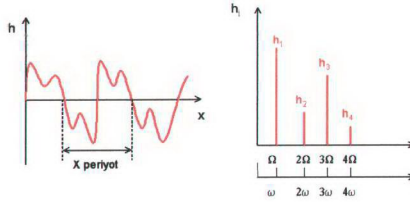
Denklem (2.18)'deki zamana bağlı uyarı fonksiyonu ifadesini düzensiz uyarı fonksiyonu olarak oluşturmak için harmonik ve periyodik fonksiyon kavramının bilinmesi gereklidir. Harmonik uyarı fonksiyonu zamana bağlı tek bir sinüs fonksiyonu olarak denklem (2.21)'deki gibi yazılabilir.

$$h = \hat{h} \sin \omega t = \underline{\hat{h}} e^{j\omega t} \quad (2.21)$$

Burada " $\hat{h}$ " açısal frekansa bağlı uyarı genliği, " ω " zamansal dairesel frekans ve " $\underline{\hat{h}}$ " ise kompleks ifadeye ait uyarı genliğidir. " Ω " yol dairesel frekansı olmak üzere, periyot " $T=2\pi/\omega$ ", dalga boyu " $L=2\pi/\Omega$ " ve, " $\Omega x = \omega t$ " eşitliği ile zamansal dairesel frekansı " $\omega = v\Omega$ " veya " $\omega = 2\pi v/L$ " şeklinde yazmak mümkündür. Bu bağıntıları kullanmak suretiyle zamana bağlı harmonik fonksiyonu denklem (2.22)'deki gibi yolun bir fonksiyonu olarak yazılabilir.

$$h = \hat{h} \sin \Omega x = \underline{\hat{h}} e^{j\Omega x} \quad (2.22)$$

Birçok sinüs fonksiyonunun bir araya gelmesiyle periyodik fonksiyon kavramı oluşmaktadır. Şekil 2.5'te çeşitli yol dairesel frekansları için $\hat{h}$ genlikleri

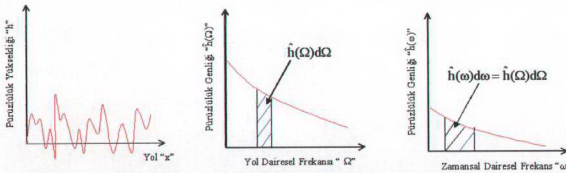


Şekil 2.5 Periyodik fonksiyon için açılal frekansa bağlı uyarı genlikleri

gösterilmiştir. Buna göre yola ve zamana bağlı genlik ifadeleri periyodik fonksiyon için denklem (2.23)'teki gibi olmaktadır.

$$h(x) = \sum_{i=1}^n \hat{h}_i e^{j\Omega_i x}, \quad h(t) = \sum_{i=1}^n \hat{h}_i e^{j\Omega_i t} \quad (2.23)$$

Düzensiz(raslantısal) fonksiyonlara periyodu çok uzun, bir başka deyişle frekansları arası çok ufak olan periyodik fonksiyonlar olarak bakabiliriz. Sonsuz uzun periyot durumunda sürekli bir genlikler spektrumu elde edilir [2,34]. Şekil 2.6'da böyle bir fonksiyonun yol ve zamansal dairesel frekanslara bağlı yol pürüzlülüğü genlik değerlerinin değişimleri gösterilmiştir.



Şekil 2.6 Düzensiz yol pürüzlülüğü genliklerinin zamansal ve yol dairesel frekansına göre değişimi

Yol ve zamana bağlı düzensiz yol pürüzlülük fonksiyonlarını, kendilerini oluşturan herbir fonksiyonun kompleks genlikleri ve Şekil 2.6 yardımıyla integral halinde aşağıdaki denklemler ile yazmak mümkündür.

$$h(x) = \int_{-\infty}^{+\infty} \underline{\hat{h}}(\Omega) e^{j\Omega x} d\Omega \quad , \quad h(t) = \int_{-\infty}^{+\infty} \underline{\hat{h}}(\omega) e^{j\omega x} d\omega \quad (2.24)$$

Burada “ $\underline{\hat{h}}(\Omega)$ ” ve “ $\underline{\hat{h}}(\omega)$ ” sırasıyla yol ve zamansal dairesel frekansına bağlı uyarı spektrumları olup, (2.22) denklemini kullanılmak suretiyle aşağıdaki denklem takımları oluşmaktadır.

$$\underline{\hat{h}}(\Omega) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{+\infty} h(x) e^{-j\Omega x} dx \quad , \quad \underline{\hat{h}}(\omega) = \frac{1}{v} \underline{\hat{h}}(\Omega) \quad , \quad \underline{\hat{h}}(\omega) d\omega = \underline{\hat{h}}(\Omega) d\Omega \quad (2.25)$$

2.2.2. Spektrum ve Yol Pürüzlülüğü Spektrum Yoğunluğu

Yapılan bir takım kabuller doğrultusunda, yol pürüzlülüğünü simüle etmek ve bu doğrultuda hızlandırılmış ömür testi modelinde kullanabilmek amacıyla, bu pürüzlülük değerlerinin belirli standartlarda olması gereklidir. Bu durumun gerçek yol şartları için gerçekleşmesi imkansızdır. Hiç bir yol bir diğerinde meydana getirdiği uyarılar açısından benzemeyeceğinden, inceleme ancak ele alınan bütün yolların ortak bir kritere getirilmesiyle yapılabilir. Bu ortak kriter ise spektrum yoğunluğudur. Spektrum yoğunlukları standartlaştırılmış yollar birbirlerinden farklı olsa dahi aynı spektruma sahip olduklarından aynı frekanslarda ve genlikte uyarılar oluşturur [2].

Yol pürüzlülüğünden kaynaklanan uyarı titreşimleri, taşıt tekerleklerinde farklı frekans ve genliklerde cevap titreşimleri oluşturduğundan, “transfer fonksiyonu”, “ortalama değer”, “efektif değer” ve “standart sapma” gibi kavramların bu cevap fonksiyonunun incelenebilmesi açısından bilinmesi gerekmektedir. Bunun sonucunda spektrum yoğunluğunun daha iyi bir şekilde anlaşılması sağlanacaktır.

Taşıtın tekerleklerinin cevap spektrumunun elde edilmesi için , yol profili uyarı spektrumu denklem (2.26) daki gibi transfer fonksiyonu ile çarpılır.

$$\underline{\hat{q}}(\omega) = V(\omega) \underline{\hat{h}} \quad (2.26)$$

Burada “ $V(\omega)$ ” değeri zamansal dairesel frekansa bağlı transfer fonksiyonudur. Belirli bir zaman dilimi içerisinde cevap titreşimlerinin genlik değerleri belirli bir ortalama değer etrafında olup denklem (2.27) gibi ifade edilmektedir.

$$\bar{q} = \frac{1}{T} \int_0^T q(t) dt \quad (2.27)$$

“ $\bar{q}$ ” ortalama değer ve “ $q(t)$ ” ise zamana bağlı cevap genliğini göstermektedir. Efektif değer (2.28) bağıntısı ile verilmiştir.

$$\tilde{q} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T q^2(t) dt} \quad (2.28)$$

Standart sapma ise ortalama ve efektif değere bağlı bir büyüklük olup (2.29) denklemi ile formüle edilmektedir.

$$\sigma_q = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T [q(t) - \bar{q}]^2 dt} = \sqrt{(\tilde{q})^2 - (\bar{q})^2} \quad (2.29)$$

“ σ_q ” standart sapma değeri bize kısaca genlik değerlerinin ortalama değer etrafında ne kadar değiştiğini vermektedir. Elde edilen bu veriler neticesinde, taşıtın cevap titreşimlerinin yüzde kaçının hangi standart sapma değeriyle ortalama değerden saptığını belirlemek amacıyla istatistik değerlendirme yapılmaktadır. Spektrum yoğunluğunun zamansal dairesel frekansa göre integrali alınmak suretiyle denklem (2.30)’da karesel ortalama veya efektif değerın başka bir ifadesini elde etmek mümkündür.

$$\tilde{q}^2 = \int_0^\infty \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{4\pi}{T} [\hat{q}(\omega)]^2 d\omega \quad (2.30)$$

Burada “ $\hat{q}(\omega)$ ” değeri zamansal dairesel frekansa bağlı cevap genliği olup, zamansal dairesel frekansa bağlı cevap spektrumu yoğunluğu “ $\Phi_q(\omega)$ ” ‘da aynı şekilde (2.31) bağıntısıyla bulunmaktadır.

$$\Phi_q(\omega) = \int_0^\infty \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{4\pi}{T} [\hat{q}(\omega)]^2 d\omega \quad (2.31)$$

Cevabın karesel ortalama değerini yol pürüzlülüğünden meydana gelen uyarı spektrum yoğunlu cinsinden denklem (2.32)’deki gibi ifade etmek mümkündür.

$$\tilde{q}^2 = \int_0^\infty \left[\frac{\hat{q}(\omega)}{\hat{h}(\omega)} \right]^2 \Phi_h(\omega) d\omega = \int_0^\infty \hat{V}^2(\omega) \Phi_h(\omega) d\omega \quad (2.32)$$

Zamansal dairesel frekansa bağılı yol pürüzlülüğü spektrum yoğunluğu taşıt seyir hızına bağılı olduğundan, yol pürüzlülüğü ifadesine daha genel bir yaklaşım kazandırmak amacıyla yol dairesel frekansı bazında incelenmesi daha mantıklı olmaktadır. Bu şekilde taşıt seyir hızından bağımsız olarak, denklem (2.33)'te zamansal dairesel frekans ve (2.34)'te yol dairesel frekansına bağılı olarak ifade edilmektedir.

$$\Phi_h(\omega) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{4\pi}{T} [\hat{h}(\omega)]^2 \quad (2.33)$$

$$\Phi_h(\Omega) = \lim_{x \rightarrow \infty} \frac{4\pi}{x} [\hat{h}(\Omega)]^2 \quad (2.34)$$

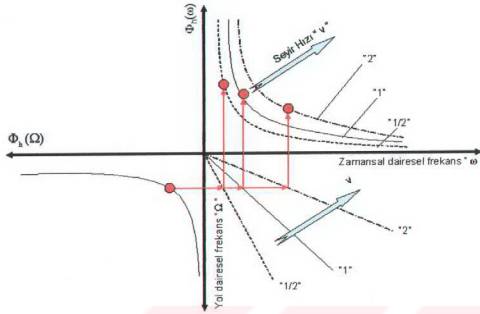
“ $\omega = v\Omega$ ” bağıntısı yol dairesel frekansı ile zamansal dairesel frekans arasındaki hız ilişkisini göstermektedir. “ x ” değeri katedilen yol uzunluğu olup “ $x=vT$ ” formülüyle hesaplanmaktadır. Burada “ v ” değeri geçen “ T ” zamandaki seyir hızıdır. Bu bağıntılar yardımıyla, yol ve zamansal dairesel frekansa bağılı yol pürüzlülüğü spektrum yoğunlukları arasında (2.35) denklemindeki gibi bir ilişki vardır.

$$\Phi_h(\omega) = \frac{1}{v} \Phi_h(\Omega) \quad (2.35)$$

Buradan anlaşılacağı üzere yol dairesel frekansına bağılı yol pürüzlülüğü spektrumu yoğunluğu “ $\Phi_h(\Omega)$ ” belirlendikten sonra seyir hızı yardımıyla kolaylıkla zamansal dairesel frekansa bağılı yol pürüzlülüğü spektrum yoğunluğu “ $\Phi_h(\omega)$ ” bulunabilmektedir.

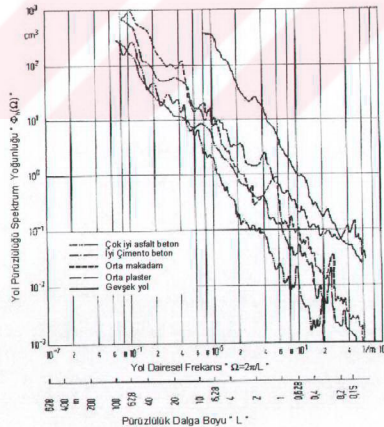
Yol dairesel frekansına bağılı yol pürüzlülüğü spektrum yoğunluğu “ $\Phi_h(\Omega)$ ” belirlendikten sonra Şekil 2.7'deki grafik yardımıyla, eğri üzerinden yol dairesel frekansı “ Ω ” okunur. “ Ω ” ile zamana bağılı dairesel frekans “ ω ” arasındaki doğrusal ilişkiden seyir hızı seçilerek “ ω ” belirlenir. Farklı seyir hızlarında, zamansal dairesel frekansa bağılı yol pürüzlülüğü spektrum yoğunluğu “ $\Phi_h(\omega)$ ”, zamansal dairesel frekans “ ω ” ile farklı eğriler oluşturduğundan daha önce seçilmiş olan seyir hızına ait eğri üzerinden yataya geçilmek suretiyle “ $\Phi_h(\omega)$ ” değeri bulunmuş olur. “ $\Phi_h(\omega)$ ” değeri bu şekilde “ $\Phi_h(\Omega)$ ” yardımıyla bulunmuş olmaktadır. Düzensiz yol pürüzlülüğü spektrum yoğunluğu, yol dairesel frekansı “ Ω ” ve yol dairesel frekansına bağılı yol pürüzlülüğü spektrum yoğunluklarına “ $\Phi_h(\Omega)$ ” bağılı olarak ifade edilmektedir. Ω ve $\Phi_h(\Omega)$ arasındaki ilişki Şekil 2.8'deki grafikte çift logaritmik eksene taşınarak gösterilmiştir [2]. Bu grafik çok iyi

asfalt beton, iyi çimento beton, orta makadam, orta plaster ve gevşek yollar arasındaki ilişkiyi göstermektedir. Eğrilerde bazı sapmalar olmasına rağmen genellikle doğrusal bir çizgi izlediği görülmektedir.



Şekil 2.7 Zamansal ve yol dairesel frekansına bağlı yol pürüzlülüğü spektrum yoğunlukları

Grafikten de görüleceği üzere, taşıta metre başına etki eden yol düzgünsüzlüğü geometrik olarak " cm^3 " cinsinden ifade edilmektedir ve bundan sonraki bölümlerde bu birimlerle ifade edilerek konunun daha iyi anlaşılması sağlanmaktadır. Bu grafik yorumlanırsa ; yol dairesel frekansı (Ω) arttıkça veya titre-



Şekil 2.8 Çeşitli yol tiplerinin, yol pürüzlülüğü spektrum yoğunluklarının " $\Omega_h(\Omega)$ " yol dairesel frekansına " Ω " ve pürüzlülük dalga boyuna " L " göre değişimleri

şimin (pürüzlülüğün) dalga boyu kısalдықça yol pürüzlülüğü spektrum yoğunluğu ($\Phi_h(\Omega)$) azalmaktadır. Tam tersi durumda da $\Phi_h(\Omega)$ değerleri artmaktadır. Taşıtların daha sık olarak küçük genlikli uyarılara ve seyrek olarak ta büyük genlikli uyarılara maruz kaldığı düşünülürse, bu durumun oldukça mantıklı olduğu görülmektedir. Genliklerin gereğinden fazla artması bu sıklığı iyice arttıracığından, ömür açısından uyarıların tekil darbe bölgesinde ele alınması gerekecektir.

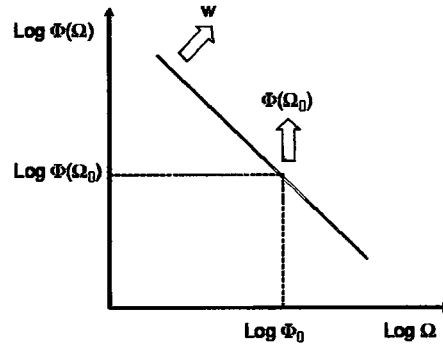
2.2.3. Standartlaştırılmış Yol Pürüzlülüğü Spektrum Yoğunlukları

Yol kalitelerinin belirli bir standarta getirilmesi için yapılan çalışmalar sonucunda ISO 8608 standardı oluşturulmuştur. Bu standartta temel yol dairesel frekansına “ Ω_0 ” bağlı olarak yol pürüzlülüğü spektrum yoğunlukları “ $\Omega_h(\Omega_0)$ ” çeşitli yol kaliteleri için belirlenmiştir. Standartlara göre temel yol dairesel frekansı $\Omega_0=1/m$ olarak belirlenmiştir ve herbir yol kalitesi için ayrı ayrı yol pürüzlülüğü spektrum yoğunluğu “ $\Omega_h(\Omega_0)$ ” değerleri vardır.

Yol pürüzlülüğü spektrum yoğunluğu grafiğini yukarıdaki gibi çift logaritmik eksenle lineer olarak ele alırsak, bahsettiğimiz standartlaştırılan “ Ω_0 ” ve “ w ” değerlerine bağlı olarak, yol pürüzlülüğü spektrum yoğunluğu “ $\Omega_h(\Omega)$ ” ifadesi denklem (2.36) gibi olmaktadır.

$$\Phi_h(\Omega) = \Phi_h(\Omega_0) \left[\frac{\Omega}{\Omega_0} \right]^{-w} \quad (2.36)$$

Burada “ w ” değeri dalgalılık faktörü olup daha önceden de bahsedildiği gibi yol pürüzlülüklerinin uzun veya kısa dalga boylu olduğunu göstermektedir. Şekil 2.9’den da görüleceği üzere yol pürüzlülüğü spektrum yoğunluğu eğrisinin eğimi, dalgalığın artması ve azalmasıyla değişmektedir[2,34]. “ w ” dalgalılık faktörü arttıkça eğrinin



Şekil 2.9 “ $\Omega_h(\Omega)$ ” ‘nün “ w ” ile değişimi

eğimi artmakta, başka bir değişle artan dalgalılıkla aynı yol dairesel frekansında, daha büyük yol pürüzlölüklerinin taşıta etkideği görölmektedir. Tablo 2.1 de çeşitli yol cinslerinin yol kalitelerine göre dalgalılık faktörleri “w” ve temel yol dairesel frekansına bağlı yol pürüzlölüğü spektrum yoğunlukları “ $\Phi_h(\Omega_0)$ ” verilmiştir.

Tablo 2.1 Yol cinsi ve kalitesine bağlı olarak “w” ve “ $\Phi_h(\Omega_0)$ ” değişimi

Yol Cinsi	Yol Durumu	w	$\Phi_h(\Omega_0)$ (cm ³)
Beton	Çok iyi	2.29	0.6
	İyi	1.97	4.5
	Orta	1.97	8.7
	Kötü	1.72	56
Asfalt	Çok iyi	2.2	1.3
	İyi	2.18	6
	Orta	2.18	22
Mıcır asfalt	İyi	2.26	9
	Orta	2.26	21
	Kötü	2.15	43
	Çok kötü	2.15	158
Parke	İyi	1.75	14
	Orta	1.75	23
	Kötü	1.81	36
	Çok kötü	1.81	323
Stabilize edilmemiş Yol	İyi	2.25	32
	Orta	2.25	155
	Kötü	2.14	602
	Çok kötü	2.14	16300

Dikkat edilirse “w” dalgalılık faktörü değerleri “2” civarında kaldığından, bu değeri 2’de sabit kılarak yol durumlarını beş ayrı kriterde incelemek mümkün olmaktadır ve bu şekilde yukarıda bahsedilen ISO 8608 standart değerleri elde edilmiş olunur (Tablo 2.2). Burada yol pürüzlölüğü spektrum yoğunluğu değerleri, her bir kalitedeki yol için belirli bir bant aralığında olup alt, ortalama ve üst sınır olarak verilmiştir.

Tablo 2.2 Standartlaştırılmış yol pürüzlölüğü spektrum yoğunluğu değerleri (ISO8608)

Yol kalitesi (ISO 8608)	$\Phi_h(\Omega_0)$ (cm ³) (w=2 için)		
Yol Durumu	Alt Sınır	Ortalama	Üst Sınır
Çok İyi	0	1	2
İyi	2	4	8
Orta	8	16	32
Kötü	32	64	128
Çok Kötü	123	256	512
	512	1024	2048
	2048	4096	8192
	8192	16384	32768

2.2.4. Taşıt Tekerleklerinde Meydana Gelen Yol Profili Uyarı Genlikleri

Daha önce anlatılan standart hale getirilmiş belli yol kalitelerinin laboratuvar ortamına taşınabilmesi veya simüle edilebilmesi için, Şekil 2.8'den seçilen standart bir yola göre belirli bir yol "x" boyunca elde edilen yol dairesel frekansına bağlı uyarı genliği spektrumu " $\hat{h}(\Omega)$ ", denklem (2.34) yardımıyla bulunabilmektedir. Raslantısal olarak elde edilen bu fonksiyon ($\hat{h}(\Omega)$), ters Fourier transformasyonu yardımıyla uyarı fonksiyonuna " $h(x)$ " dönüştürülür. " $x=vt$ " bağıntısındaki taşıt hızının kullanılmasıyla zamana bağlı uyarı fonksiyonu " $h(t)$ " elde edilmiştir. Bu yaklaşımın, bölüm 3'te bahsedilecek olan hızlandırılmış ömür testi modelinde kullanabilmesi için, matematiksel olarak ifade edilmesi ve her bir taşıt tekerleğine gelen uyarı genliklerinin hesaplanması gereklidir.

Yol pürüzlülüğünden kaynaklanan sinyallerin üretilmesi için başta daha önce bahsedilen bir frekans aralığının belirlenmesi gereklidir. Bu " $f_{\min}$ " ve " $f_{\max}$ " değerleri 0.5 ile 30 Hz arası seçilebilmektedir. Fourier transformasyonu için gerekli katsayı değeri " N_f ", oluşturulan sinyal uzunluğuyla doğru orantılıdır. Bir de istediğimiz sinüs eğrisinin daha düzgün bir şekilde elde edilebilmesi için gerekli nokta sayısını ifade eden "z" değeri vardır. Bu değer 2'den az olmamak şartıyla ortalama "8" civarında seçilmesi sağlıklı sonuçlar vermektedir. Oluşturulacak sinyalin birim zamanı veya zaman adımı "dt", denklem (2.37)'de ifade edilmiştir.

$$dt = \frac{1}{z \cdot f_{\max}} \quad (2.37)$$

Taşıt seyir hızının "v" kabul edilirse birim yol uzunluğu veya yol adımı " $dx = v \cdot dt$ " bağıntısıyla hesap edilir. Böylelikle, yol pürüzlülüğünü oluşturacak uyarı sinyallerinden en küçük ve en büyük dalga boyuna sahip ifadeler denklem (2.38)'de verilmiştir.

$$L_{\min} = \frac{v}{f_{\max}} \quad , \quad L_{\max} = \frac{N_f \cdot v}{f_{\max}} \quad (2.38)$$

(2.37) bağıntısını kullanmak suretiyle " $L_{\min}$ " ve " $L_{\max}$ " değerlerini birim yol uzunluğu "dx" cinsinden, denklem(2.39)'daki gibi ifade edebiliriz.

$$L_{\min} = z \cdot dx \quad , \quad L_{\max} = N_f \cdot z \cdot dx \quad (2.39)$$

Yukarıdaki bağıntılara benzer şekilde yol dairesel frekanslarının minimum ve maksimum değerleri denklem (2.40)'da verilmektedir.

$$\Omega_{\min} = \frac{2\pi}{L_{\max}} \quad , \quad \Omega_{\max} = \frac{2\pi}{L_{\min}} = N_f \cdot \Omega_{\min} \quad (2.40)$$

(2.40) denklemindeki eşitlikleri kullanmak suretiyle, yola bağlı dairesel frekans adımı da denklem (2.41) deki gibi olacaktır.

$$d\Omega = \frac{\Omega_{\max}}{N_f} = \Omega_{\min} \quad (2.41)$$

$\Omega_{\min}$ den $\Omega_{\max}$ 'a olan yol dairesel frekans aralığında, frekans adımlarıyla ($d\Omega$) uyarı sinyalleri oluşturulacaktır. Bu amaçla, bahsedilen frekans aralığındaki her bir frekans adım numarası “i” olmak üzere, “2”den ($N_f + 1$)’e kadar olan yol dairesel frekans değeri denklem (2.42)’de ifade edilmektedir.

$$\Omega_i = (i - 1)d\Omega \quad (2.42)$$

Denklem (2.36) değişen yol dairesel frekansına (Ω_i) bağlı olarak düzenlendiğinde, hesaplarda esas yeri teşkil eden, temel yol dairesel frekansına bağlı uyarı spektrum yoğunluğu bağıntısı elde edilmektedir (2.43).

$$\Phi_h(\Omega_i) = \Phi_h(\Omega_0) \cdot [\Omega_i]^{-w} \quad (2.43)$$

Her bir uyarı sinyaline ait genlik değerleri “ T_i ”, aynı döngü içerisinde hesap edilen spektrum yoğunluğundan, (2.44) denklemiyle bulunabilmektedir[2,34].

$$T_i = \sqrt{2 \cdot d\Omega \cdot \Phi(\Omega_i)} \quad (2.44)$$

Bu şekilde bulunan genlik spektrumu değerleri için faz açısı değerleri “ ϕ ” raslantısal olarak denklem (2.45)’teki gibi üretilmektedir.

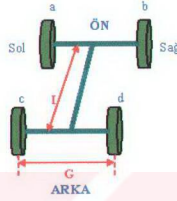
$$\phi = 2\pi \cdot (\text{RANDOM}) \quad (2.45)$$

Sonuç olarak, artık bir faz açısı yardımıyla belirtilen frekans spektrumunun her bir bileşeni bir döngü içerisinde reel “r” ve imajiner “i” olarak kompleks ifadeler şeklinde denklem (2.46)’deki gibi verilebilir.

$$T_{r_i} = T_i \cdot \cos \varphi \quad , \quad T_{i_i} = T_i \cdot \sin \varphi \quad (2.46)$$

Bu kompleks ifadenin sol ön tekerleğe ait olduğu kabul edilir ve Şekil 2.10'da gösterildiği gibi bu sol ön tekerlek “a” indisini alırsa, buna göre bu tekerlek için kompleks genlik ifadesi denklem (2.47)'deki gibi olur.

$$Tra_i = Ta_i \cdot \cos \varphi \quad , \quad Tia_i = Ta_i \cdot \sin \varphi \quad (2.47)$$



Şekil 2.10 Taşıt parametreleri

Sol ön tekerlekten diğer tekerleklere geçiş için bir takım kabullerin yapılması gereklidir. Ön tekerleklerden arka tekerleklere geçişte, arkadaki tekerleğin öndeki tekerleği aynı iz üzerinden, “L” aks aralığından doğan bir faz farkıyla takip ettiği kabulüdür. Diğer kabul ise sol ve sağ tekerlekler arasında bir faz farkı oluşturan “koherans” fonksiyonudur. Denklem (2.48)’de koherans fonksiyonu görülmektedir. Burada “G” taşıt iz genişliği, “L” taşıt aks aralığı, “u” uyum faktörü, “ Ω_p ” koherans referans frekansı, “P” koherans fonksiyon katsayısıdır. Kısa dalga boylu yol pürüzlülüklerinde koherans fonksiyonu “ $\gamma_h(\Omega_i, G)$ ” küçülerek sıfır değerine yaklaşırken, büyük dalga boylarında büyüyerek “1”e yaklaşır. Tablo 2.3’te bazı yol tipleri için bu katsayı değerlerinin değişimleri gösterilmiştir[2].

$$\gamma_h(\Omega_i, G) = \left[1 + \left[\frac{\Omega_i}{\Omega_p} G^u \right]^w \right]^{-P} \quad (2.48)$$

Bu koherans fonksiyonu yardımıyla sol ön izden sağ ön ize geçiş, bir açı ifadesi olarak, denklem (2.49) verilen iki bağıntı arasında raslantısal olarak hesaplanmaktadır.

$$\varphi_b = \arccos \gamma_h + \varphi_a \quad , \quad \varphi_b = -\arccos \gamma_h + \varphi_a \quad (2.49)$$

Tablo 2.3 Çeşitli yol tiplerindeki Koherans fonksiyonu değerlerinin değişimi

YOL TİPLERİ					
Koherans Değerleri " γ_r "	Plasterli çimento beton	Asfalt kaplama	Plasterli asfalt kaplama	Asfalt beton	Çimento beton
$\Phi(\Omega_0)[\text{cm}^3]$ $\Omega_0=1 \text{ m}^{-1}$	10	5	2.6	2.6	3.7
Dalgalılık Faktörü " w "	2	2.2	2.3	2.1	2
P	0.5	0.88	0.45	0.45	0.47
$\Omega_0[\text{m}^{-1}]$	0.99	3.3	1.53	0.73	0.96
u	0.94	0.97	0.56	0.6	0.96

Denlem (2.49) göz önüne alındığında sağ ön iz için kompleks genlik bileşenleri denklemler (2.50)'deki gibi olacaktır.

$$\text{Trb}_i = \text{Tb}_i \cdot \cos \varphi_b, \quad \text{Tib}_i = \text{Tb}_i \cdot \sin \varphi_b \quad (2.50)$$

Daha önce bahsedildiği gibi ön ve arka tekerlekler arasında aks mesafesinden dolayı oluşan faz farkı " φ_{aks} ", denklemler (2.51) ile hesaplanır.

$$\varphi_{\text{aks}} = \Omega_i \cdot L \quad (2.51)$$

Buna göre sol arka tekerlek için frekansa bağlı kompleks ifadenin bağıntısı (2.52)'de ve sağ arka tekerlek için de denklemler (2.53)'te verilmektedir.

$$\text{Trc}_i = \text{Tra}_i \cdot \cos \varphi_{\text{aks}} + \text{Tia}_i \cdot \sin \varphi_{\text{aks}}, \quad \text{Tic}_i = -\text{Tra}_i \cdot \sin \varphi_{\text{aks}} + \text{Tia}_i \cdot \cos \varphi_{\text{aks}} \quad (2.52)$$

$$\text{Trd}_i = \text{Trb}_i \cdot \cos \varphi_{\text{aks}} + \text{Tib}_i \cdot \sin \varphi_{\text{aks}}, \quad \text{Tid}_i = -\text{Trb}_i \cdot \sin \varphi_{\text{aks}} + \text{Tib}_i \cdot \cos \varphi_{\text{aks}} \quad (2.53)$$

Bu denklemler vasıtasıyla taşıtın tüm tekerleklerine ait faz bilgileri raslantısal olarak üretilmiş olmaktadır. Aynı şekilde bir "i" döngüsü içerisinde, tüm tekerlek izlerine ait yol dairesel frekansına bağlı genlik spektrumları sırasıyla sol ön, sağ ön, sol arka ve sağ arka tekerlek için denklemler (2.54)'de verilmiştir.

$$\begin{aligned} \hat{h}_a(\Omega_i) &= \text{Tra}_i + j \cdot \text{Tia}_i \\ \hat{h}_b(\Omega_i) &= \text{Trb}_i + j \cdot \text{Tib}_i \\ \hat{h}_c(\Omega_i) &= \text{Trc}_i + j \cdot \text{Tic}_i \\ \hat{h}_d(\Omega_i) &= \text{Trd}_i + j \cdot \text{Tid}_i \end{aligned} \quad (2.54)$$

Konunun başında belirtildiği gibi ters Fourier transformasyonu uygulanmak suretiyle her bir tekerleğe ait yol dairesel frekansına bağlı uyarı genliği spektrumu “ $\hat{h}(\Omega)$ ”, denklem (2.58)’deki gibi zamana bağlı genlik spektrumu haline getirilmektedir.

$$\begin{aligned} ha &= \text{Ters_fourier}[\hat{ha}(\Omega)] \\ hb &= \text{Ters_fourier}[\hat{hb}(\Omega)] \\ hc &= \text{Ters_fourier}[\hat{hc}(\Omega)] \\ hd &= \text{Ters_fourier}[\hat{hd}(\Omega)] \end{aligned} \quad (2.58)$$

Bu genlik değerlerinin reel kısımları her bir tekerlek için (2.59)’daki denklemler ile hesap edilebilir.

$$\begin{aligned} ha_{\text{reel}} &= \text{Reel} \left[\sum_{i=0}^{Nz-1} \hat{ha}(i+1) \cdot (\cos \psi + i \cdot \sin \psi) \right] \\ hb_{\text{reel}} &= \text{Reel} \left[\sum_{i=0}^{Nz-1} \hat{hb}(i+1) \cdot (\cos \psi + i \cdot \sin \psi) \right] \\ hc_{\text{reel}} &= \text{Reel} \left[\sum_{i=0}^{Nz-1} \hat{hc}(i+1) \cdot (\cos \psi + i \cdot \sin \psi) \right] \\ hd_{\text{reel}} &= \text{Reel} \left[\sum_{i=0}^{Nz-1} \hat{hd}(i+1) \cdot (\cos \psi + i \cdot \sin \psi) \right] \end{aligned} \quad (2.59)$$

Yukarıdaki denklemde “ ψ ” açısı aynı döngü içerisinde “ $i \cdot 2\pi \frac{k}{N_{st}}$ ” formülüyle

bulunabilmektedir. Fakat hesaplamalarda kullanılan Matlab programında gerek fourier transformasyonu ve gerek se kompleks ve matris ifadeler ile ilgili formüller, programın alt veri tabanında mevcut olduğu için otomatik olarak hesaplanacağından, bu bağlantıların tekrardan yazılmasına gerek yoktur.

Oluşturulacak sinyalin grafiksel ifadesinde, düşey eksenin genlik değerlerini, yatay ekseninin de yol veya zaman değerlerini göstermesi istenir. Bu amaçla gerek birim yol adımı “ dx ” veya gerek se birim zaman adımı “ dt ”, fonksiyon değer sayısını “ $Nz = z \cdot N_r$ ” oluşturan döngü içerisinde $(i-1)$ ile çarpılmak suretiyle denklem (2.60)’daki gibi hesaplanmaktadır.

$$\begin{aligned} i &\rightarrow Nz \\ x_i &= (i-1) \cdot dx \\ t_i &= (i-1) \cdot dt \end{aligned} \quad (2.60)$$

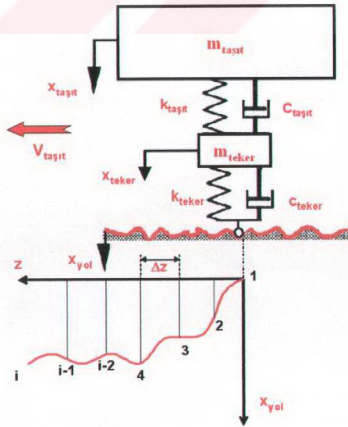
2.3. Düşey Yol Pürüzlülüğü Uyarılarına Taşıt Sisteminin Cevabı

Yoldan gelen uyarıların taşıt gövdesine iletilmesi için transfer fonksiyonuna ihtiyaç olduğu daha önceki bölümde vurgulanmıştı. Üretilen hızlandırılmış ömür testi yol sinyallerinin hidrolik sarsıcı ile doğrudan gövdeye verilebilmesi ancak yol sinyallerinin transfer fonksiyonu ile çarpılmasıyla mümkündür. Bu çalışmada örnek modele uygulanan sinyaller için iki serbestlik dereceli basit taşıt modeli kabul edilerek transfer fonksiyonu hesaplanmış ve örnek şasi modeline uygulanmıştır.

Taşıt modelimiz, aracın gövdesini temsil eden asılı bir kütle “ $m_{\text{taşıt}}$ ”, ve tekerlek ağırlığından oluşan asılı olmayan ikinci bir kütleden “ m_{teker} ” meydana gelen iki dereceli bir sistemdir. Bu sistemin hareketini taşıtın düşey ekseninde “ $x_{\text{taşıt}}$ ” ve “ x_{teker} ” olarak iki kordinatta Şekil 2.11’de gösterildiği gibi tanımlayabiliriz[12,21]. Şekildeki modeli taşıtın dörtte biri olarak tanımlayabilir ve hesaplarda kullanıcak bağıntıları bu sistem üzerinden elde edebiliriz. Newtonun ikinci kanunu, taşıt ve tekerlek kütlelerine ayrı ayrı uygulanarak sistemin hareket denklemleri saptanabilmektedir. Yol pürüzlüğünden kaynaklanan titreşim sisteminin hareket denklemleri taşıt kütlesi için denklem (2.60) ve tekerlek kütlesi için ise denklem (2.61)’deki gibi olacaktır.

$$m_{\text{taşıt}} \ddot{x}_{\text{taşıt}} + c_{\text{taşıt}} (\dot{x}_{\text{taşıt}} - \dot{x}_{\text{teker}}) + k_{\text{taşıt}} (x_{\text{taşıt}} - x_{\text{teker}}) = 0 \quad (2.60)$$

$$m_{\text{teker}} \ddot{x}_{\text{teker}} + c_{\text{taşıt}} (\dot{x}_{\text{teker}} - \dot{x}_{\text{taşıt}}) + k_{\text{taşıt}} (x_{\text{teker}} - x_{\text{taşıt}}) + c_{\text{teker}} \dot{x}_{\text{teker}} + k_{\text{teker}} x_{\text{teker}} = F(t) = c_{\text{teker}} \dot{x}_{\text{yol}} + k_{\text{teker}} x_{\text{yol}} \quad (2.61)$$



Şekil 2.11 İki serbestlik dereceli dörtte bir taşıt sistemi

Burada “ $c_{taşıt}$ ” taşıt kütesini taşıyan amortisör sisteminin sönümleme katsayısı, “ c_{teker} ” tekerleğin sönümleme katsayısı, “ $k_{taşıt}$ ” taşıt kütesini taşıyan süspansiyon yayının katsayısı, “ k_{teker} ” eşdeğer tekerlek yay katsayısı ve “ $F(t)$ ” ise yol pürüzlülüğünden tekerleğe etki eden kuvettir. “ x_{yol} ” yol yüzey profili olarak tanımlandığında, “ $\dot{x}_{yol}$ ” tekerleğin değme noktasındaki düşey hızıdır.

Gerçekte yol pürüzlülüğü düzensiz yol profillerinden oluştuğundan Şekil 2.11’deki iki serbestlik dereceli taşıt sisteminin cevabının, düzensiz yol profillerine göre hesap edilebilmesi için nümerik metodlar kullanılmaktadır. Daha önce bahsettiğimiz yol profili yüksekliği “ x_{yol} ” ise, “ $\dot{x}_{yol}$ ” tekerleğin yola değdiği noktadaki düşey hızıdır ve denklem (2.62) ile tanımlanmaktadır.

$$\dot{x}_{yol} = v_{taşıt} \frac{dx_{yol}}{dz} \quad (2.62)$$

Burada “ $\frac{dx_{yol}}{dz}$ ” değeri yol profilinin eğimidir. Şayet taşıt sabit bir hızla seyrediyorsa, verilen bir yol profili için “ x_{yol} ” ve “ $\dot{x}_{yol}$ ” zamana göre değişen bir fonsiyon olarak düşünülebilir. Böylece Şekil 2.11’de gösterilen farklı noktalar ($z=1,2,3\dots i$) için taşıt ve tekerlek kütlelerinin cevapları “ $x_{taşıt}$, $\dot{x}_{taşıt}$, $\ddot{x}_{taşıt}$, x_{teker} , $\dot{x}_{teker}$, $\ddot{x}_{teker}$ ” Taylor seri açılımı yardımı ile nümerik olarak hesaplanabilmektedir. Başlangıç şartı olarak $(x_{yol})_1$ ve $(\dot{x}_{yol})_1$ değerleri sıfır alınır, $(x_{taşıt})_1=(\dot{x}_{taşıt})_1=(\ddot{x}_{taşıt})_1=(x_{teker})_1=(\dot{x}_{teker})_1=(\ddot{x}_{teker})_1=0$ değerleri de sıfıra eşit olmaktadır. Bu şekilde “ $z=2$ ” noktası için denklemlerimiz aşağıdaki gibi olmaktadır.

$$(x_{taşıt})_2 = \frac{(\dot{x}_{taşıt})_2 \Delta t}{3} = \frac{(\ddot{x}_{taşıt})_2 \Delta t^2}{6} \quad (2.63)$$

$$(\dot{x}_{taşıt})_2 = \frac{(\ddot{x}_{taşıt})_2 \Delta t}{2} \quad (2.64)$$

$$(x_{teker})_2 = \frac{(\dot{x}_{teker})_2 \Delta t}{3} = \frac{(\ddot{x}_{teker})_2 \Delta t^2}{6} \quad (2.65)$$

$$(\dot{x}_{teker})_2 = \frac{(\ddot{x}_{teker})_2 \Delta t}{2} \quad (2.66)$$

Tekerleğin sönümleme katsayısı “ c_{teker} ”i ihmal ettiğimizde taşıt ve tekerlek kütesinin “ $z=2$ ” noktasındaki titreşim denklemleri aşağıda ifade edilmiştir.

$$m_{taşıt} (\ddot{x}_{taşıt})_2 = c_{taşıt} [(\dot{x}_{teker})_2 - (\dot{x}_{taşıt})_2] + k_{taşıt} [(x_{teker})_2 - (x_{taşıt})_2] \quad (2.67)$$

$$m_{teker}(\ddot{x}_{teker})_2 = c_{taşıt}[(\dot{x}_{taşıt})_2 - (\dot{x}_{teker})_2] + k_{taşıt}[(x_{taşıt})_2 - (x_{teker})_2] + k_{teker}[(x_{yol})_2 - (x_{teker})_2] \quad (2.68)$$

(2.63), (2.64), (2.65), (2.66) denklemlerini, (2.67) ve (2.68) denklemlerindeki yerlerine koyup çözdüğümüzde, taşıt ve tekerleğin “z=2” noktasındaki ivme değerleri bulunabilmektedir (denklem (2.69) ve (2.70)).

$$(\ddot{x}_{taşıt})_2 = \frac{k_{teker}(x_{yol})_2 A_4}{B_4 C_4 - A_4^2} \quad (2.69)$$

$$(\ddot{x}_{teker})_2 = \frac{(\ddot{x}_{taşıt})_2 B_4}{A_4} \quad (2.70)$$

ve buradaki A_4 , B_4 ve C_4 katsayıları aşağıdaki gibi hesaplanmaktadır.

$$\begin{aligned} A_4 &= \left[\frac{c_{taşıt} \Delta t}{2} + \frac{k_{taşıt} \Delta t^2}{6} \right] \\ B_4 &= \left[m_{taşıt} + \frac{c_{taşıt} \Delta t}{2} + \frac{k_{taşıt} \Delta t^2}{6} \right] \\ C_4 &= \left[m_{teker} + \frac{c_{taşıt} \Delta t}{2} + \frac{(k_{taşıt} + k_{teker}) \Delta t^2}{6} \right] \end{aligned} \quad (2.71)$$

Yukarıda verilen denklem takımları vasıtasıyla “z=2” noktasındaki yol profilinin genliğine “ $(x_{yol})_2$ ” karşılık gelen taşıt ve tekerlek kütlelerinin genlikleri hesaplanabilmektedir. Dikkat edilmesi gerekli bir nokta, “ Δt ” zaman artımı, yatay eksendeki birim adımın “ Δz ” taşıt hızına “ $v_{taşıt}$ ” bölünmesiyle elde edilmektedir ($\Delta t = \Delta z / v_{taşıt}$). Genelde, “ Δt ” değeri, tekerlek kütlelerinin serbest titreşim periyodunun “%5” den daha az olmalıdır. Bu periyot değeri “ $\tau_{teker} = 1 / f_{n-teker}$ ” bağıntısı ile ifade edilmektedir. “ $f_{n-teker}$ ” değeri tekerlek kütlelerinin sönümlenmemiş doğal frekansdır.

Sonuç olarak iki serbestlik dereceli düzensiz yol profili için taşıt gövdesi ve tekerleğinin cevap genlikleri daha genel bir biçimde bir “i” döngüsü içerisinde aşağıdaki denklem takımlarıyla hesaplanmaktadır. “z=2” noktasının değerlerini hesapladığımızdan buradaki “i” değeri “ $i \geq 3$ ” olmalıdır.

$$(x_{taşıt})_i = (\ddot{x}_{taşıt})_{i-1} (\Delta t)^2 + 2(x_{taşıt})_{i-1} - (x_{taşıt})_{i-2} \quad (2.72)$$

$$(\dot{x}_{taşıt})_i = \frac{[3(x_{taşıt})_i - 4(x_{taşıt})_{i-1} + (x_{taşıt})_{i-2}]}{2\Delta t} \quad (2.73)$$

$$(\ddot{x}_{taşıt})_i = \frac{\{c_{taşıt} [(\dot{x}_{teker})_i - (\dot{x}_{taşıt})_i] + k_{taşıt} [(x_{teker})_i - (x_{taşıt})_i]\}}{m_{taşıt}} \quad (2.74)$$

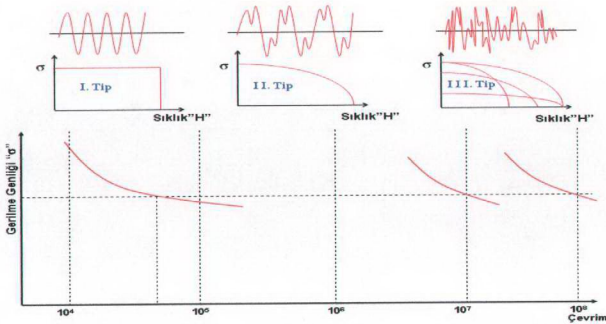
$$(x_{teker})_i = (\ddot{x}_{teker})_{i-1} (\Delta t)^2 + 2(x_{teker})_{i-1} - (x_{teker})_{i-2} \quad (2.75)$$

$$(\dot{x}_{teker})_i = \frac{[3(x_{teker})_i - 4(x_{teker})_{i-1} + (x_{teker})_{i-2}]}{2\Delta t} \quad (2.76)$$

$$(\ddot{x}_{teker})_i = \frac{\{k_{teker} [(x_{yol})_i - (x_{teker})_i] - c_{taşıt} [(\dot{x}_{teker})_i - (\dot{x}_{taşıt})_i] - k_{taşıt} [(x_{teker})_i - (x_{taşıt})_i]\}}{m_{teker}} \quad (2.77)$$

2.4. Yükleme Kolektifi ve Hasar Teorisi

Hasarın belirlenmesi çalışmalarında, ömrü belirlenecek parçaya uygulanan yükleme kolektifi önemli bir araçtır. Bir yükleme tipinin belirli bir tekrardan sonra parça hasar görür ve kopar. Daha önce bahsedildiği gibi her malzemenin kendisine ait bir S-N (wöhler) diyagramı vardır (Şekil 2.1). Taşıtlara etki eden dinamik kuvvetler tamamiyle raslantısal (tesadüfi) kuvvetler olup, yol pürüzlülüğü, lastik düzgünsüzlüğü, viraj, yol ve işletme şartlarına bağlı olarak ortaya çıkmaktadır. Şekil 2.12’de üç tip yükleme durumu ve bunlara ait ömür eğrileri görülmektedir [5,17,23]. Birinci tip yükleme, ortalama bir gerilme değeri etrafında periyodik olarak uygulanan sabit genlikli sinusoidal yükleme olup, dikdörtgensel bir kolektif oluşturmaktadır. Normal bir dağılım gösteren ikinci tip yükleme kolektifine örnek olarak belirli bir



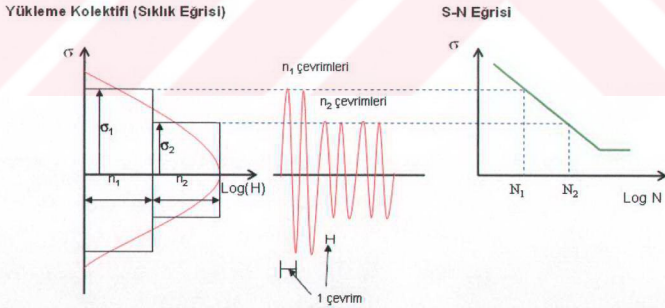
Şekil 2.12 Yükleme kolektifleri

kalitedeki parke, asfalt veya stabilize yoldaki seyir durumu verilebilir. Dolayısıyla böyle bir yükleme kolektifini oluşturan yol pürüzlülüğünden başka birşey değildir. Yükleme seviyesi aynı kaldığı takdirde, ikinci tip kolektifin kırılması için gerekli yük tekrar sayısı birinci kolektifin 250 katı olmaktadır. III.ncü tip kolektif te şekilden anlaşılacağı üzere, II.tip kolektiflerin üst üste toplanmış halidir. Dinamik zorlamaya maruz taşıt için bu zorlama tipi en gerçekçi yaklaşımı sergilemektedir. Başka bir deyişle taşıt, bozuk, düzgün, virajlı veya engebeli bir çok yol şartından oluşan dinamik zorlamaların etkisindedir. Buradaki yük tekrar sayısı ise ilkinde göre 2500 kat daha fazla olmaktadır.

Modelimizdeki hesaplamaları teşkil eden bu III.tip kolektif durumu, raslantısal olarak üretilen yol pürüzlülüğü genliklerinden oluşmaktadır. Daha sonra kapsamlı olarak anlatılacak ara işlemler yapıldıktan sonra HASAR hesaplanmaktadır.

2.4.1. Çevrim Sayma Metotları

Bölüm 2.4.3 te anlatılacak Palmgren-Miner kuralı ile Hasar hesaplaması için gerekli olan, her bir gerilme genliğinin kaç kez tekrar ettiğini gösteren, “ n_i ” çevrim değerleri çeşitli sayma metotları ile bulunabilmektedir. Bu “ n_i ” çevrim değerleri grafiksel olarak Şekil 2.13’te gösterilmiştir [1,4,7,8,36].

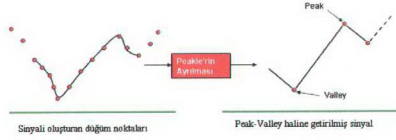


Şekil 2.13 Yükleme kolektifi ve S-N eğrisine karşılık gelen “ n_i ” çevrim değerleri

Literatürde en sık kullanılan ve bizim de hesaplamalarımızda tercih ettiğimiz sayma metotları “Rainflow counting” , “Peak-Valley counting”, “Range-Pair counting” ve “Level Crossing Counting”tir. Sayma metotlarının daha iyi anlaşılabilmesi için peak-valley ve çevrim sayma kavramlarının bilinmesi gerek-

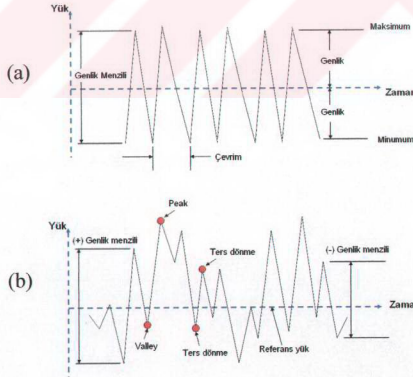
mektedir. Aslında peak-valley değerleri eğrinin tepe ve çukur değerlerini göstermektedir. Literatürde bu sayma programının ismi Peak-Valley olarak geçtiği için bu değerler de telafuz edilirken peak-valley olarak ifade edilecektir.

Genellikle yükleme hızı, taşıt uygulamalarındaki metal parçalarının yorulma ömrünü etkilemez. İlk olarak önemli olan değerler genlik ve bu genliklerin düzenidir (ardışıklık). Bu konunun temelini Şekil 2.14'te gösterildiği gibi, peak-valley değerleri arasında kalan bütün bitişik noktaların atılması oluşturur.



Şekil 2.14 Peak-Valley verilerinin oluşturulması

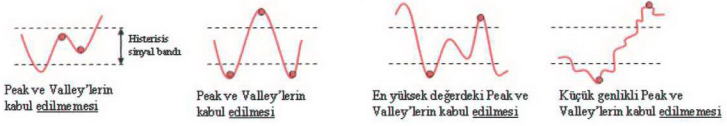
Detaylı yorulma analizi için veri azaltma yöntemindeki ilk adım, yükleme verilerindeki peak ve valleylerin tespit edilmesidir. Bir peak değeri yük-zaman diyagramında pozitiften negatife olan dönüm noktasını ifade etmektedir. Aynı şekilde bir valley değeri de negatiften pozitifte olan dönümdeki noktadır. Şekil 2.15 te bir yük-zaman diyagramındaki sinyal değerleri için peak-valley ve diğer büyüklükler görülmektedir. Bazı durumlarda ufak peak-valley değerleri ihmal edile-



Şekil 2.15 (a) Sabit genlikli yükleme, (b) Düzensiz yükleme

ilmektedir. Bu olay histerisis değerlerin kabul edilmemesi olarak ifade edilmekte olup Şekil 2.16 de gösterilmiştir. Peak-Valley lerin tespiti için yazılan bilgisayar

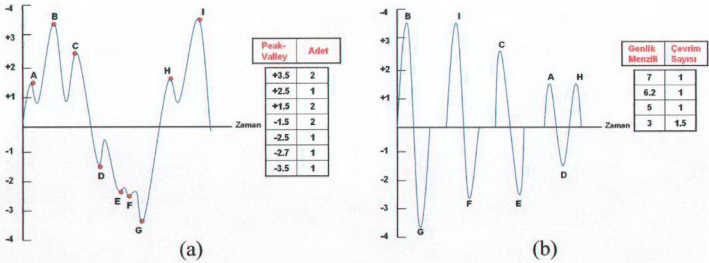
programı daha sonraki bölümde anlatılacaktır. Burada sadece program algoritması üzerinde durulacaktır.



Şekil 2.16 Histerisis bandında kalan verilerin kabul edilmeme durumları

Daha öncede belirtildiği gibi sinyaldeki verilerin sayılması amacıyla, çevrim zamanını azaltabilmek için bir çok metot geliştirilmiştir. Bu çevrim değerleri kuvvet, gerilme, birim uzama, tork, ivmelenme, sapma ve diğer ilgili yükleme parametrelerinin zamana göre değişimi şeklinde karşımıza çıkabilmektedir. Sayma metodları içinde en yaygın olarak kullanılanı daha sonra anlatılacak olan Rainflow sayma yöntemidir.

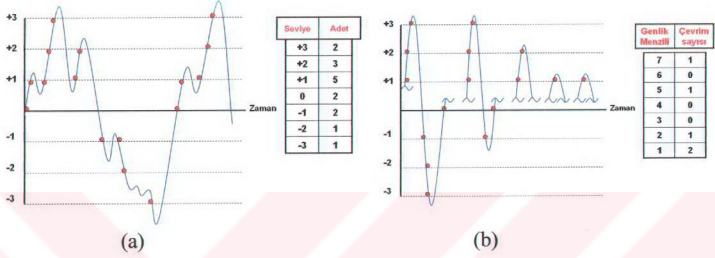
Peak-Valley sayma yöntemine bakıldığında, burada birbiriyle ilişkili maksimum veya minimum yük değerleri olduğu görülmektedir. Peak-Valley değerler daha önce de bahsedildiği gibi, eksen takımının pozitif bölgesinde, pozitiften negatife veya eksen takımının negatif bölgesinde negatiften pozitifte olan dönmelerdeki noktalardan oluşmaktadır. Şekil 2.17 (a)'da bu yöntemle tespit edilen peak ve valley noktaları görülmektedir. Bu yöntemle en yüksek peak ve en alçak valley değerlerine göre genlik menzili en büyük olan çevrim elde edilmektedir. Şekil 2.17 (b)'de görüleceği gibi bu işlem bütün peak ve valley değerleri için yapılarak büyüktten küçükçe çevrimler sıralanmaktadır[4,24,37].



Şekil 2.17 (a) Peak-Valley Sayma yöntemi, (b) Çevrim sayısının elde edilmesi

Şekil 2.18 (a)'da diğer bir sayma metodu olan "Level crossing" yöntemi görülmektedir. Bu sayma sistemi işleme prosedürünün temeli, belli seviyedeki

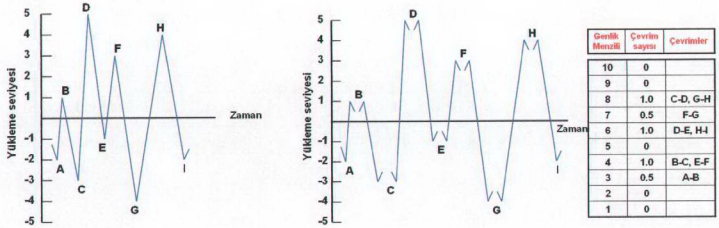
değerlerden kaçır adet olduğunun saptanması üzerine kurulmuştur. Seviye sayım işleminde, eğrinin pozitif bölgedeki hareketi incelenirse, burada sürekli artan değerlerin alınması gerekmektedir. Aynı bölge içersinde azalma ve artma olduğunda azalma değeri alınmaz sadece artma değeri alınmaktadır. Negatif bölge için de pozitif bölgedeki kural geçerlidir. Bu sefer sürekli azalan değerler alınmakta artan değerler ihmal edilmektedir. (b)'de gösterilen yöntem ise çoğu yorulma analizinde kullanılan Level crossing'ten türetilen çevrim sayma metodudur. Şekilden de anlaşıl-



Şekil 2.18 (a) Level Crossing Sayma yöntemi, (b) Çevrim sayısının elde edilmesi

lacağı üzere, genlik menzil seviyelerinden kaçır tane olduğunu saptayan bir yöntemdir.

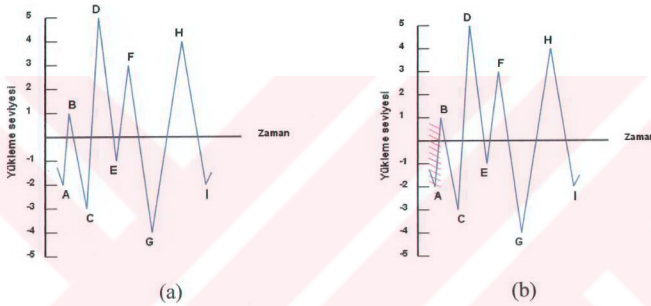
Range-Pair Sayma yöntemi, birbirini izleyen(ardışık) iki ters dönme arasındaki fark veya genlik menzili olarak tanımlanmaktadır. Şekil 2.19 'da görüleceği gibi buradaki genlik menzil değerleri mutlak olarak düşünülmekte, ve aynı büyüklükteki değerler sayılmaktadır. Bu yöntemde her bir genlik menzil değeri yarım çevrim olarak sayılmakta ve daha önceden seçilen bir genlik menzili altındaki değerler çevrim sayım işlemine girmemektedir.



Şekil 2.19 Range Pair sayma yöntemi

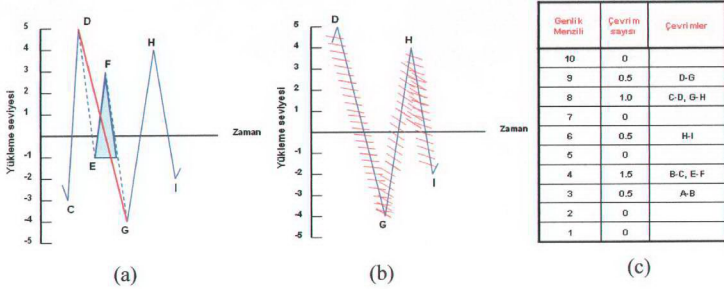
2.4.2. Rainflow Çevrim Sayma Metodu

Şekil 2.13'te görülen “ n_i ” değerlerini tespit etmek amacıyla bu tez çalışmasında Rainflow sayma yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemin temeli, sinyalin ardışık üç verisinin ele alınarak bir çevrim teşkil edip etmeyeceği şeklinde değerlendirilmesi yöntemine dayanmaktadır. Örnek olarak, bu ardışık üç nokta için, “S” sinyalin başlama noktası, “X” genlik menzili, “Y” bir önce okunan X değeri olsun[4,5,37]. Şekil 2.20'deki sinyal ele alındığında A,B ve C noktaları ilk okunan 3 değer ise, başlama noktası $S=A$ dır. Buna göre $Y=[A-B]$ ve $X=[B-C]$ olacaktır. Şekil 2.20 (b)'den de anlaşılacağı üzere $X>Y$ dir. Diğer bir deyişle “Y” değeri “S” noktasını içermektedir. Dolayısıyla $[A-B]$ yarım çevrim olarak sayılmakta ve ilk



Şekil 2.20 (a) Sinyal, (b) $[A-B]$ ‘nin yarım çevrim sayılarak “A” noktasının iptali

“A” noktası iptal edilerek başlangıç noktası “ $S=B$ ” olmaktadır. Aynı işlemi B,C,D noktaları için yapıldığında $[B-C]$ yarım çevrim sayılmakta ve “B” değeri iptal edilerek yeni başlama noktası “ $S=C$ ” olmaktadır. Diğer üç nokta değeri C,D, ve E olacaktır. Buna göre $Y=[C-D]$ ve $X=[D-E]$ dir. Şekil 2.21 (a)’dan da anlaşılacağı üzere $X<Y$ olmaktadır. Bu sebeple,yeni üç nokta değeri D,E ve F alınarak $Y=[D-E]$ ve $X=[E-F]$ olacaktır. Aynı şekilde $X<Y$ olduğu için tekrar yeni üç nokta okunması gerekecektir. E,F ve G okunan yeni değerleri için $Y=[E-F]$ ve $X=[F-G]$ dir. Şekil 2.21 (a)’da görüldüğü gibi $X>Y$ olmakta ve bu şekilde $[E-F]$ “1” çevrim sayılarak E ve F noktası iptal edilmektedir. Buradaki “1” çevrim değerinin “E-F “ ve “F-G” den oluştuğuna dikkat edilmelidir. Bundan sonra okunacak değerler “ $S=C$ ” başlangıç olacak şekilde “D” ve “G” noktasıdır. $Y=[C-D]$ ve $X=[D-G]$ eşitliklerinden $X>Y$ olmakta ve böylelikle $[C-D]$ yarım çevrim sayılmak suretiyle “C” noktası iptal edilerek, yeni başlangıç noktası “ $S=D$ ” olmaktadır. Diğer üç nokta D,G ve H olup, $Y=[D-G]$ ve $X=[G-H]$ eşitliklerinden $X<Y$ olacaktır. Bu sebeple okunacak yeni G, H ve “I” noktalarına göre $Y=[G-H]$ ve $X=[H-I]$ tır.

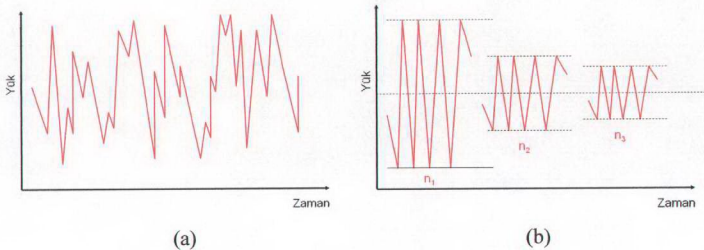


Şekil 2.21 (a) [E-F]'nin iptal edilmesiyle [D-G]'nin oluşumu, (b) [D-G],[G-H] ve [H-I]'nin yarım çevrim sayılması, (c) Çevrim değerleri

Şekil 2.21 (b) den görüleceği üzere $X < Y$ olmaktadır. Aynı zamanda "I" son veri değeridir. Bu nedenle [D-G], [G-H] ve [H-I] değerlerin yarım çevrim olarak sayılacaktır. Bu sayılan çevrim değerleri Şekil 2.21 (c)'de gösterilmiştir.

2.4.3. Palmgren-Miner Yaklaşımıyla Hasarın Elde Edilmesi

Palmgren-Miner kuralının temeli kaba bir yaklaşımla lineer bir kavram üzerine oturturulmuştur. Bu yaklaşım metodu ilk olarak Palmgren'nin bilyalı yataklar (rulman)'da yaptığı analizlerde kullanılmış, daha sonra Miner'in uçak gövdelerindeki yaptığı çalışmalar da buna eklenince, ikisinin adından oluşan Hasar hesaplama metodu ortaya çıkmıştır. Şekil 2.22 (a)'daki düzensiz bir yüklem durumunun, daha önce bahsedildiği gibi çeşitli sayma metodları yardımıyla yüklem kolektifi veya yük blokları haline getirilmek suretiyle(Şekil 2.22(b)), her bir yük bloğunun çevrim değerleri sayılır.



Şekil 2.22 (a) Düzensiz yük spektrumu, (b) Düzenli hale getirilmiş yük spektrumu

Bu her bir yük bloğunun oluşturduğu gerilmelere karşılık gelen yorulma çevrim sayısı “ N_i ” değerleri malzemin S-N eğrisinden tespit edildikten sonra “Hasar” hesaplanabilmektedir [1,8,13,28,29,30,35]. Burada her bir yükleme seviyesi “ i ” değerine karşılık gelen bloğun çevrim sayısı değeri “ n_i ” dir. Tek bir çevrim için, belli bir yük seviyesindeki hasar etkisi denklem (2.78)’deki gibi hesaplanmaktadır.

$$D_i = \frac{1}{N_i} \quad (2.78)$$

“ n_i ” çevrimden sonraki hasar değeri denklem (2.79)’deki gibi olmaktadır.

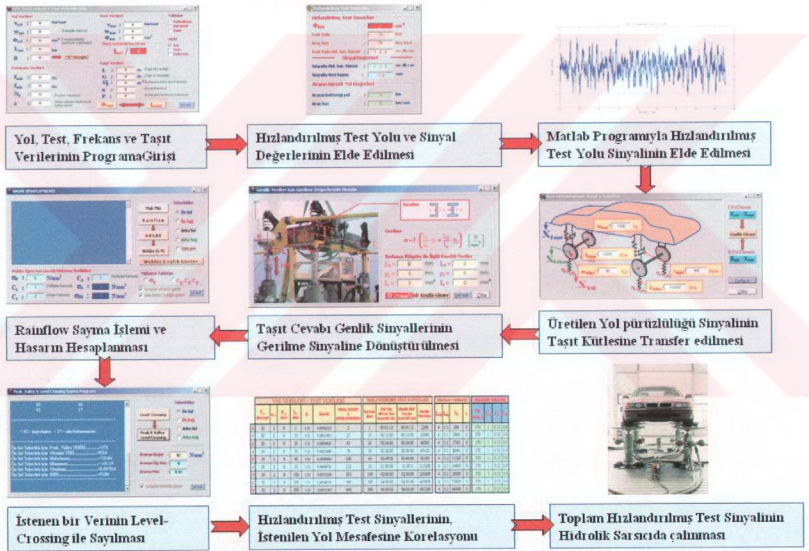
$$n_i D_i = \frac{n_i}{N_i} \quad (2.79)$$

Sonuç olarak her bir çevrimin hasarlarını toplanmak suretiyle, toplam(birikmiş) HASAR (2.80) bağıntısıyla ifade edilir.

$$\sum n_i D_i = \sum \frac{n_i}{N_i} = \frac{n_1}{N_1} + \frac{n_2}{N_2} + \frac{n_3}{N_3} + \dots + \frac{n_i}{N_i} \quad (2.80)$$

3. HIZLANDIRILMIŞ YOL SİNYALİ ÜRETME

Hızlandırılmış yol sinyalleri üretilirken, 2'nci bölümde anlatılan teorinin ışığı altında bir yol izlenecek ve gerek sinyalin üretilmesi gerekse de sinyalin işlenebilmesi için gerekli olan bilgisayar programının alt yapısı oluşturulacaktır. Bu yol sinyalinin oluştururken izlenecek akış algoritması Şekil 3.1'de gösterilmiştir. Bir sonraki bölümde ise bu algoritmada çalışacak olan bilgisayar programının tanıtılması ve kullanılması ile ilgili bilgiler verilecektir.



Şekil 3.1 Hızlandırılmış test yolu sinyalinin oluşturulması

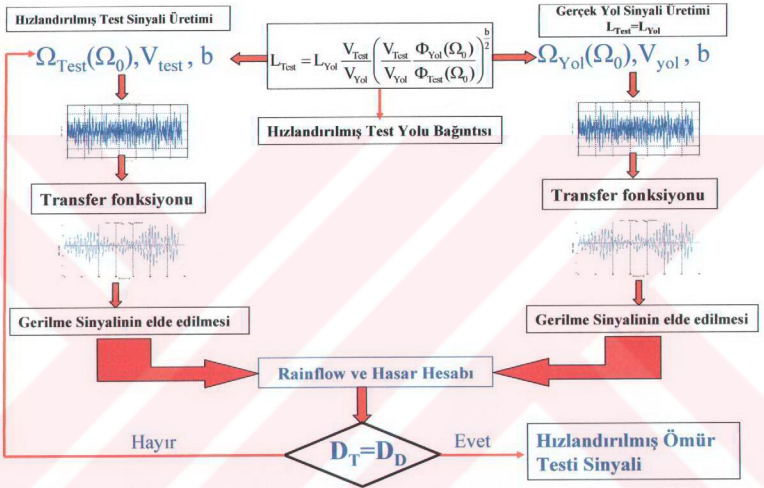
3.1. Hızlandırılmış Ömür Testi Programı Yardımıyla Sinyal Elde Edilmesi

Daha önce belirtildiği gibi hızlandırılmış yol sinyalinin üretilmesi için gerekli bir takım gerçek yol ve test yolu verilerine ihtiyacımız vardır. Hatırlanacağı üzere denklem (2.16)'da bu değerler açıkça görülmektedir. Denklem içinde geçen “e” ve “t” indisiyle gösterilen değerler bu bölümde sırasıyla “yol” ve “test” indisi olarak

ifade edilip, $G_{ee}(n_{1e}) = \Phi_{yol}(\Omega_0)$ ve $G_{test}(n_{1t}) = \Phi_{test}(\Omega_0)$ alındığında denklem (2.16) daki Hızlandırılmış test yolu bağıntısı denklem (3.1)'deki gibi ifade edilecektir.

$$L_{Test} = L_{Yol} \frac{V_{Test}}{V_{Yol}} \left(\frac{V_{Test}}{V_{Yol}} \frac{\Phi_{Yol}(\Omega_0)}{\Phi_{Test}(\Omega_0)} \right)^2 \quad (3.1)$$

Taşıtın teorik olarak üretilen gerçek yol pürüzlülüğü sinyalleri ve Denklem (3.1) bağıntısını kullanmak suretiyle elde edilen hızlandırılmış ömür testi yol sinyallerinin hesap akış diyagramı Şekil 3.2'de gösterilmiştir.



Şekil 3.2 Teorik olarak üretilen gerçek yol ve hızlandırılmış test yolu sinyalinin akış diyagramı

Buna göre taşıtın gitmesi gerekli olan hızlandırılmış test yolunun “ L_{test} ” hesap edilebilmesi için gerekli veriler ; V_{yol} (taşıtın gerçek yoldaki hızı), w_{yol} (gerçek yol dalgalılık faktörü), Φ_{yol} (gerçek yol pürüzlülüğü spektrum yoğunluğu), L_{yol} (taşıtın gittiği gerçek yol değeri), B (malzemeye bağlı yorulma parametresi), V_{test} (taşıtın test yolundaki hızı), w_{test} (test yolu dalgalılık faktörü), Φ_{test} (test yolu yol pürüzlülüğü spektrum yoğunluğu), f_{mak} (maksimum frekans), f_{min} (minimum frekans), N_f (Fourier katsayısı), z (sinüs eğrisini oluşturacak nokta sayısı), L (taşıt aks aralığı), G (taşıt iz genişliği), Ω_p (koherans referans frekansı), u (uyum faktörü) ve P (koherans fonksiyon katsayısı) değerleridir.

Hızlandırılmış yol sinyali hesap edilirken yukarıda belirtilen “17” değişken kullanılmaktadır. Bunun yanında bu 17 değişkene ek olarak, “Testi Hızlandırma Oranı” adı altında başka bir veri girişi daha yapılmaktadır. Bunun anlamı istediğimiz hızlandırma oranına karşılık gelen test yolu yol pürüzlülüğü spektrum yoğunluğunun bulunabilmesidir. Bu yöntem küçük Fourier katsayısı “ N_f ” değerlerinde tavsiye edilmektedir. Sebebi ise yüksek N_f değerlerinde çözüm zamanının oldukça artacağıdır. Kullanılan bilgisayar kapasitesine göre bu süre değişmektedir. Bu yüzden hızlandırma oranı sabit kalacak şekilde diğer verilerin değiştirilmesi tavsiye edilmektedir. Hızlandırma oranı, taşıtın katedeceği hızlandırılmış test yolu değeri hesaplanırken otomatik olarak zaten bulunmaktadır. Başka bir değişle bu veri girişi, sadece istenilen hızlandırma oranına karşılık gelen test yolu yol pürüzlülüğü değeri hesap edilirken yapılmaktadır.

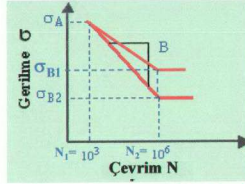
Bu tez çalışmasında daha önceki bölümde bahsedilen koherans fonksiyonundaki parametrelerin değiştirilmesi ile diğer tekerleklerde oluşacak sinyal değerleri üzerinde bir çalışma yapılmamıştır. Bu sebeple koherans fonksiyonu parametre değerleri sabit tutulmak suretiyle sinyaller üretilmiştir. Koherans fonksiyonu parametrelerinin veri girişi bilgisayar programında değişken tutulmak suretiyle, bu çalışmanın kapsamı dışında tutulan taşıtın diğer tekerlekleri arasındaki ilişkinin incelenebilmesi mümkün kılınmıştır.

Gerçek yol verileri programa girilirken, daha önceki bölümde bahsedilen malzemeye bağlı yorulma parametresinin sinusoidal bir sinyal için 6, raslantısal bir sinyal değeri için ise 8 alınabileceği belirtilmişti. Yazılan bu hızlandırılmış ömür testi programında, bu değer teorik bir şekilde programda verilen grafikler kullanılmak suretiyle hesaplanabilmektedir. Bu parametre değeri gerek yol ve gerek se test sinyalleri hesap edilirken hiçbir şekilde değiştirilmemesi gerekmektedir. Denklem (2.16)’dan da anlaşılacağı üzere, bu değerın düşük olması test yolu mesafesini ve süresini uzatacağını, yüksek olması da kısaltacağını göstermektedir. Denklem (3.1) ile bu yorulma parametresi (B) hesaplanabilmektedir [1,38]. Şekil 3.3’de gösterilen Wöhler diyagramında yatay eksen çevrim sayısı değerlerini ($\log N$), düşey eksen ise gerilme değerlerini vermektedir ($\log \sigma$).

$$B = \frac{\left| \log \left(\frac{N_2}{N_1} \right) \right|}{\left| \log \left(\frac{\sigma_{B2}}{\sigma_A} \right) \right|} \quad (3.2)$$

Çeşitli istatistiki verilere göre Wöhler eğrisinin basit bir şekilde elde edilmesi için çeşitli yaklaşımlar yapılmıştır[6,9,11,19,20,]. Buna göre “ $N_1=10^3$ ” yükleme sonucunda malzemenin kırılması için gerekli olan gerilme değeri” σ_A ”, o

malzemenin kopma gerilmesinin 0.9 katı olmaktadır ($\sigma_A = 0.9\sigma_K$). Bir başka deyişle 10^3 yükleme sayısı ile bu yüklemde hasara neden olan gerilme değerinin kesiştiği nokta Wöhler eğrisinin başlangıcı olmaktadır. Demir kökenli malzemeler için sürekli



Şekil 3.3 Bir malzemenin Wöhler diyagramı

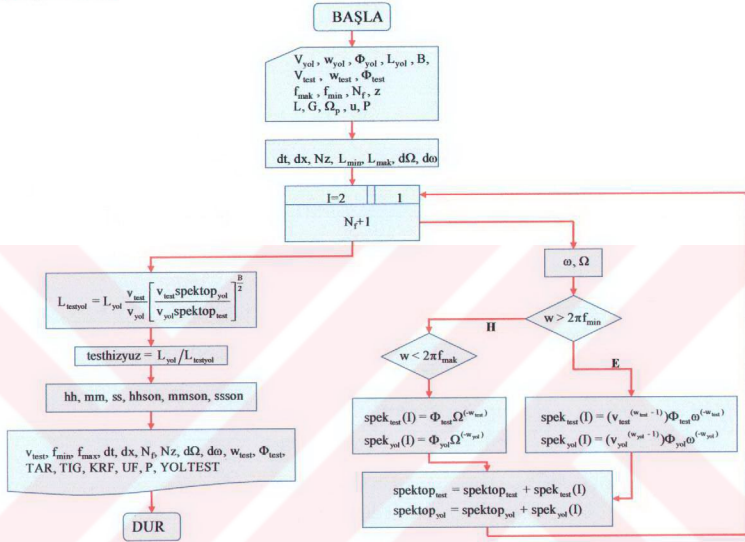
mukavemet sınırı, $10^6(N_2)$ mertebelerindeki yükleme sayısına karşılık gelen gerilme değeri olduğu kabul edilmektedir. Bu sebeple statik ve sürekli mukavemet sınırları arasındaki ilişki istatistiki verilere göre, 10^6 yükleme sonucundaki malzemenin kırılması için gerekli olan gerilme değeri kopma gerilmesinin “0.5” katı olmaktadır (σ_{B1}). Wöhler eğrilerini oluştururken özel deney parçaları kullanılmaktadır. Bu numunelerin üretim kaliteleri eğrinin değişmesini etkilemektedir. Sürekli mukavemet sınırının başladığı noktanın belirlenmesinde hassasiyetin artırılması açısından genel olarak üç ayrı katsayı tanımlanmıştır. Aslında literatürde bu katsayılar daha fazla miktardadır[8]. Fakat hesaplarda sadece hasar karşılaştırılması yapılacağından ve Wöhler eğrisindeki değerler her türlü sinyal üretiminde sabit tutulacağından, hasas hesaplamalara girilmesine gerek yoktur. Bu sebeple teorik bir yaklaşımla Hasarın hesaplanmasına gidilmiştir.

Bu katsayılar, yükleme katsayısı “ C_L ”, yüzey katsayısı “ C_S ” ve gradyant katsayısıdır “ C_G ”. Burada C_S yüzey katsayısı malzemenin üretim halleri için kopma mukavemetine göre değişirken, C_L ve C_G değerleri yükleme durumuna göre (eğilme, burulma, eksenel yükleme) göre değişmektedir. Bölüm 4’de program tanıtımında gerek bu katsayı değerleri gerekse çeşitli malzemelerin kopma mukavemeti değerleri grafik ve tablo şeklinde verilecektir. Bu katsayıların hesaba katılmasıyla yeni sürekli mukavemet sınırı başlangıç noktasına ait gerilme değeri bulunmuş olacaktır. Bu nokta Şekil 3.3’de “ σ_{B2} ” olarak gözükmekte ve denklem (3.3)’teki gibi hesaplanmaktadır.

$$\sigma_{B2} = C_L C_S C_G 0.5\sigma_K \quad (3.3)$$

Yukarda bahsedilen “ L_{test} ” hızlandırılmış test yolu, “test” yolunun hidrolik sarsıcıdaki zamanı, sinyal veri sayısı, sinyalin hidrolik sarsıcıdaki süresi ve hızlandırma oranının bilgisayar programında hesaplarının nasıl yapıldığını gösteren akış diyagramı Şekil 3.4’de gösterilmiştir. Burada dikkat edilecek en önemli husus; test yolu hidrolik sarsıcı süresinin, yukarıda bahsedilen değişkenlerin belirli

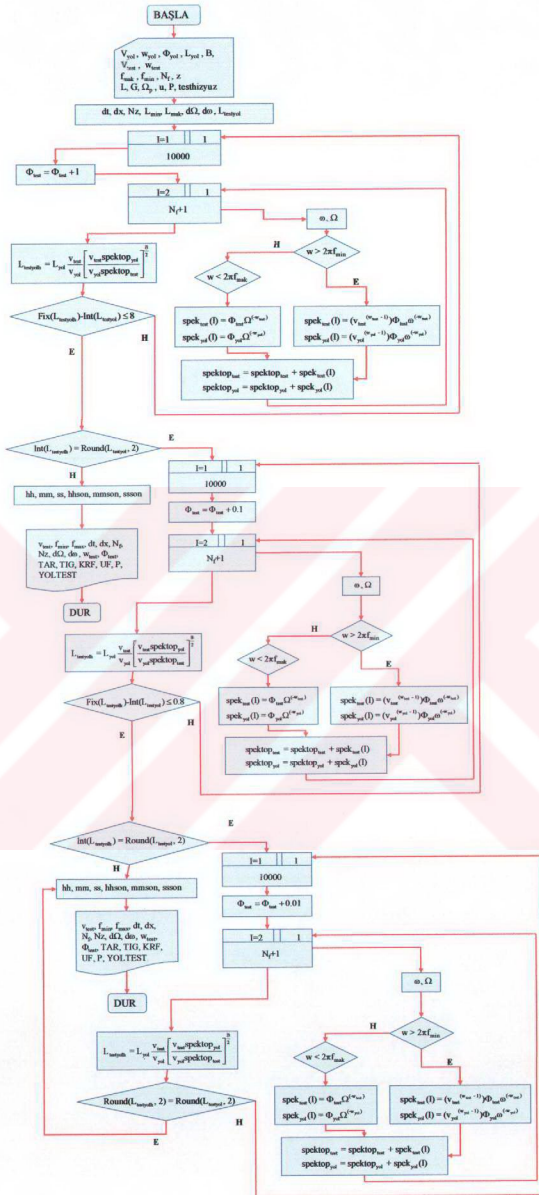
oranlarda değiştirilmesi suretiyle, oluşturulacak sinyalin hidrolik sarsıcı süresine eşit hale getirilmesidir. Tecrübelerden en çok değiştirilen değerlerin “ N_f ” Fourier katsayısı, test yolu yol pürüzlülüğü spektrum yoğunluğu “ Φ_{test} ” ve taşıtın test yolundaki hızı “ v_{test} ” değerleri olduğu görülmüştür. Özellikle v_{test} ve Φ_{test} ’deki ondalık ve yüzdelik değişimler Hasarın daha hasas bir şekilde denkliğini sağlamak için gereklidir.



Şekil 3.4 Hızlandırılmış test yolu hesaplanmasının akış şeması

Şekil 3.4 deki akış şemasında görülen “spek_{test}” test yolu yol pürüzlülüğü spektrum yoğunluğu ve “spek_{yol}” gerçek yol pürüzlülüğü spektrum yoğunlukları, “ N_f ” fourier katsayısı değerince bir döngü içerisinde hesaplatılmaktadır. Aynı işlem test yolu sinyalin elde ederken de kullanılacaktır. EK- A’da hızlandırılmış test yolu, test yolu hidrolik sarsıcı zamanı, oluşturulacak sinyalin veri sayısı, oluşturulacak sinyalin hidrolik sarsıcı süresi vs. hesaplamalarının visual basic programlama diline göre yazılmış formatı verilmiştir.

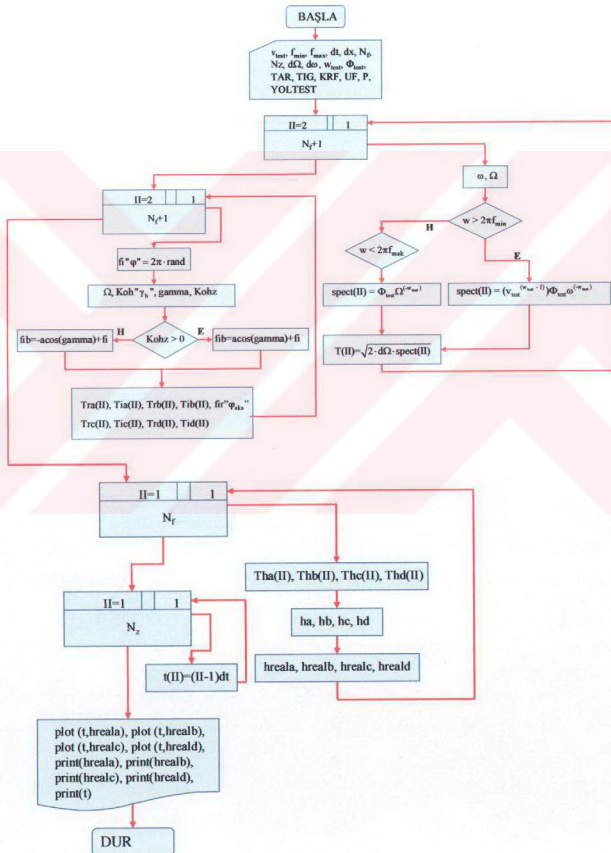
Hızlandırma oranı giriş verisi olarak verildiğinde, elde edilecek test yolu yol pürüzlülüğü spektrum yoğunluğunun nasıl hesaplandığına dair akış diyagramı Şekil 3.5’te verilmiştir. Bu akış diyagramında da görüleceği üzere “1, 0.1 ve 0.01” lik hassasiyetle test yolu yol pürüzlülüğü spektrum yoğunluğu hesaplanmaya çalışılmıştır. Buradaki yaklaşım ise, hızlandırma oranına göre hesaplanan “ L_{testyol} ” değerinin program içinde denklem (3.1) kullanılmak suretiyle hesaplanan “ L_{testyolh} ” değerine



Şekil 3.5 Hızlandırma oranına göre “ Φ_{test} ”’in hesaplanmasının akış şeması

yakınsayarak yaklaştırılmaya çalışılmıştır. Bu hesaplamanın visual basic programla dilinde yazılmış formatı ekler kısmında “EK-B” de verilmiştir.

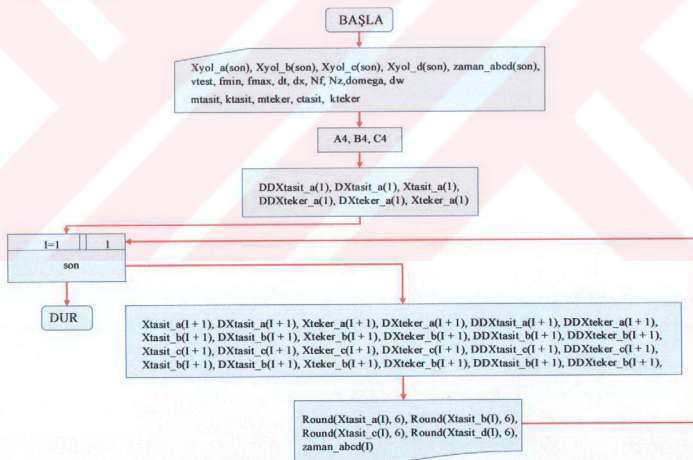
Yukarıdaki bilgisayar programı vasıtasıyla hesaplanan değerler, daha sonra Matlab programı altında test yolu sinyali üretmek için kullanılmaktadır. Bu programda sinyal değerleri, Bölüm 2.3 'te açıklanan denklem takımları kullanılmak suretiyle elde edilmiştir. Şekil 3.6'da böyle bir yol sinyalinin nasıl oluştuğunu açıklayan akış diyagramı görülmektedir[14,15,16,22,40]. Ek-C'de Matlab programlama dilinde yazılmış yol sinyali programı verilmiştir.



Şekil 3.6 Matlab programında üretilen yol sinyali hesabının akış şeması

3.2. Yol Pürüzlülüğü Genliklerinin Taşıta Transfer Edilmesi

Bilindiği gibi taşıtların zeminle olan ilişkileri tamamiyla tekerleklerin yola değme yüzeyleriyle ilişkilidir. Yol yüzeyinden veya pürüzlülüğünden gelen uyarılar sırasıyla lastiğe, tekerleğin bağlı bulunduğu yay amortisör sistemlerine, gövdesine, koltuk ve son olarak ta insan vücuduna kadar ulaşmaktadır. Olayı yorulma açısından irdelediğimizde, bizi ilgilendiren kısım taşıtın gövdesi olmaktadır. Bundan sonra anlatılacak olan bölümde görüleceği üzere, bir hidrolik sarsıcı sisteminde hızlandırılmış ömür testine tabi tutulan bir taşıt için, o taşıtın gövdesine veya şasisine gelen kuvvetler ve bu kuvvetlerin şaside oluşturduğu gerilmeler, Hasar hesaplanırken kullanılacak değerlerdir. Dolayısıyla bölüm 2.3'te teorisi anlatılan çözüm yöntemini kullanmak suretiyle, yol pürüzlülüğü genlik değerlerinin taşıt gövdesine veya şasisine transfer edilmesi bizim için önem arz etmektedir. Bu amaçla visual basic programlama diliyle, düzensiz yol pürüzlülüğü uyarı genliklerinin taşıt gövdesine transfer edilebilmesi için gerekli bir program yazılmıştır. Şekil 3.7'de düzensiz yol pürüzlülüğü sinyallarının taşıt kütesine transfer hesaplarının nasıl yapıldığına dair akış şeması görülmektedir.



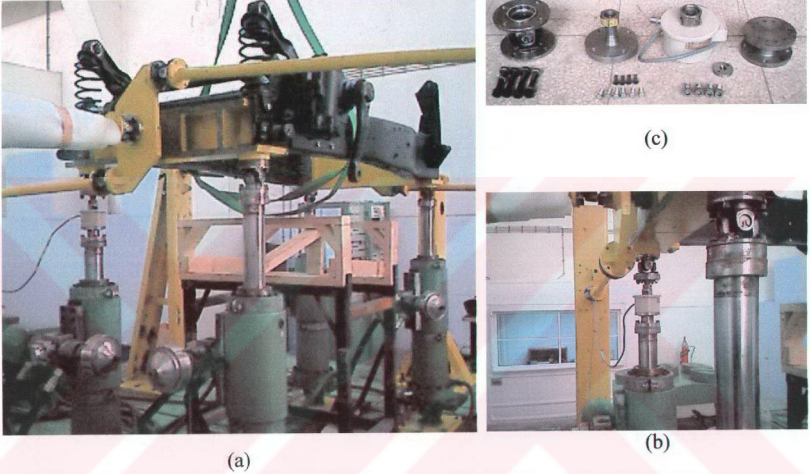
Şekil 3.7 Yol sinyalinin taşıt kütlelerine transferi hesaplarının akış şeması

Bu akış diyagramından anlaşılabileceği üzere, matlab programında üretilen belli sayıdaki (program içinde “son”) sinyal verisi, bir döngü içerisinde Bölüm 2.3’te düzensiz yol profili için verilen denklemler kullanılarak, taşıt kütesine transfer edilmiştir. Artık bundan sonra Gerilme ve Hasar hesaplarında kullanılacak sinyal

değerleri, bu yeni üretilen sinyal verileri olacaktır. Ek-D'de Şekil 3.7'de hesaplama şeması gösterilen programın visual basic formatı görülebilir.

3.3. Mevcut Hidrolik Sarsıcı Düzenine Göre Teorik Gerilmelerin Hesaplanması

Yol pürüzlülüğü sinyallerinin taşıta transfer edilmesinden sonra, malzemenin yorulma hesabının yapılabilmesi için, deplasman uyarı genliklerinin gerilme genliklerine dönüştürülmesi gerekmektedir.



Şekil 3.8 (a) Dört silindire bağlı ticari bir taşıt şasisi, (b) Kuvvet kaptörü bağlantısı ve kumanda odası, (c) Kullanılan kuvvet kaptörünün parçaları(Schenck, 25 kN)

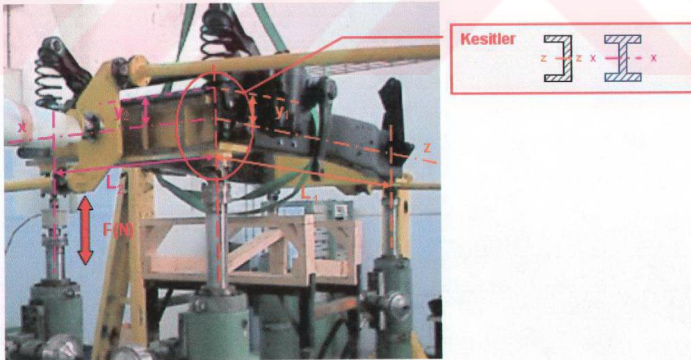
İTÜ Makina Fakültesi Otomotiv Ana Bilim Dalı Motorlar ve Taşıtlar Laboratuvarındaki bilgisayar destekli hidrolik sarsıcı düzeni bu gerilme hesabı amacıyla, kuvvet değerlerinin ölçüm aşamasında kullanılmıştır. Bu test donanımı, bilgisayar kontrollü (Instron-Schenck, Labtronic 8800) olup, herbiri 25 kN yük kapasiteli ve 250 mm stroklu dört adet titreşim silindirinden oluşmaktadır. Şekil 3.8'de bir ticari taşıtın şasisi ve hidrolik sarsıcı düzeni görülmektedir. Bu şasi ve deney düzeni yorulma hesaplarında kullanılan hesaplamalar için temel teşkil etmiştir. Şekilden de görüleceği üzere, kuvvet kaptörü kullanılmak suretiyle, uygulanan bir dizi deplasman genlik değerlerine karşılık gelen kuvvet değerleri saptanmış ve bu değerler programda teorik gerilme değerlerini hesaplamak için bir veri tabanı oluşturmuştur. Burada şekilden de anlaşılacağı üzere, şasinin kuvvet kaptörü bağlı olmayan diğer üç silindiri belli bir yükseklite sabit tutularak, sadece kuvvet

kaptörünün bağlı bulunduğu silindire genlikler gönderilmek suretiyle ölçümler yapılmıştır. Şasinin tek bir noktadan zorlanarak ölçülen bu kuvvet değerleri, şasi üzerinde meydana gelecek maksimum gerilmelerin hesabı için kullanılacaktır. Diğer üç silindir için hidrolik sarsıcı sisteminin ve şasinin homojen olduğu düşünülerek, bu noktalara uygulanan genliklerin de aynı kuvvet değerleri vereceği kabul edilmektedir. Dolayısıyla şasinin diğer bağlantı noktalarındaki kuvvet değerleri, bu ölçümü yapılan silindirdeki veri tabanı değerleri baz alınmak suretiyle hesaplanabilmektedir.

Genlik(deplasman)-Kuvvet değerlerinden oluşan bu ölçüm veri tabanı dosyası toplam 500 sinyal verisi için yapılmış, daha sonra bu değer hesaplama süresinin kısaltılması amacıyla azaltılmıştır. Bu dosya yukarıda bahsedilen hidrolik sarsıcı sistemi için geçerli olup, yol pürüzlülüğü sinyal değerleri oluşturulduktan sonra Hasar hesaplarına geçişte sabit veri tabanı olacaktır. Hızlandırılmış ömür testi programında genlik(deplasman)-kuvvet dosyası veri girişi serbest bırakılmıştır, dolayısıyla farklı ölçüm dosyalarına göre de işlem yapılması mümkündür.

Hesaplamalarda maksimum gerilmenin elde edilebilmesi için, kuvvetin uygulandığı noktanın en uzak kesitindeki gerilme değeri baz alınmıştır. Hidrolik sarsıcı sistemimizdeki şasi düşünülürse, maksimum gerilme, kuvvetin uygulandığı noktayla bağlantılı sabit kabul edilen diğer iki silindirin uç noktalarındaki gerilmelerin toplamından oluşmaktadır.

Şekil 3.9'da örnek şaside oluşacak maksimum gerilmelerin hesaplanabilmesi için gerekli parametreler görülmektedir. Burada görüleceği üzere şaside



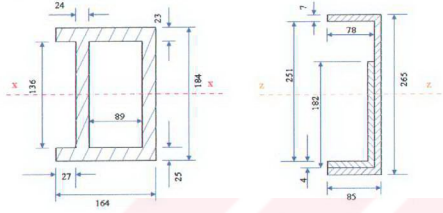
Şekil 3.9 Gerilmenin hesaplanması için gerekli uzunluk değerleri

enine ve boyuna olmak üzere iki farklı kesitte profil kullanılmıştır. Enine olan eksen "x", boyuna olan eksen "z" tir. "y₁" ve "y₂" profillerin bu eksenlere olan mesafeleridir. "L₁" ve "L₂" değerleri ise bu profillerin silindirlere bağlantı

noktasındaki uzunluklarıdır. Oluşacak maksimum gerilmenin hesaplanabilir şiddeti Denklem (3.4) bağıntısı ile bulunabilmektedir.

$$\sigma = F \left(\frac{L_1}{I_z} y_1 + \frac{L_2}{I_x} y_2 \right) \quad (3.4)$$

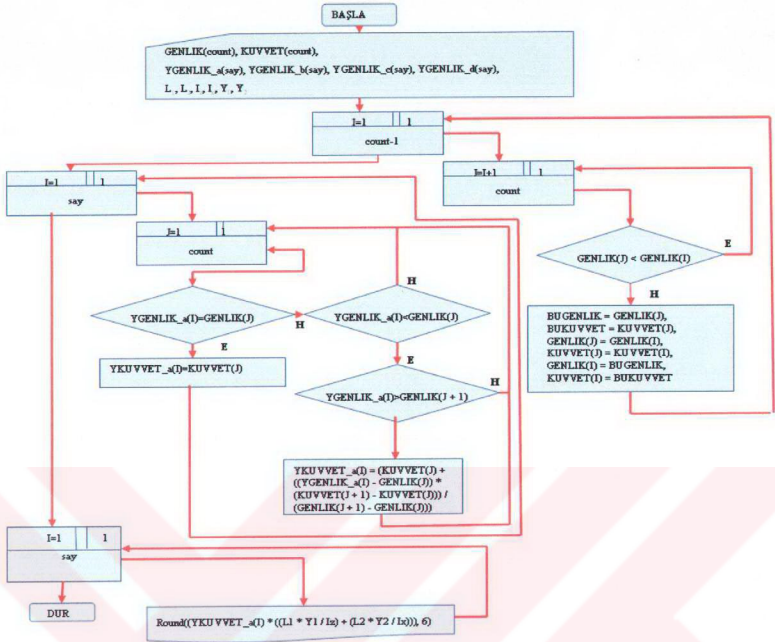
Şekil 3.10'daki şasinin enine ve boyuna profillerinin, silindire bağlantı noktalarındaki kesitleri görülmektedir.



Şekil 3.10 Şasi enine ve boyuna profillerinin bağlantı noktası kesitleri

Şekilde görülen kesit ölçülerine göre atalet momentleri enine profil için " $I_x = 60,820,480 \text{ mm}^4$ " ve boyuna profil için " $I_z = 29,032,046 \text{ mm}^4$ " olarak hesaplanmıştır. Hızlandırılmış ömür testi programı içerisinde bu değerler hazır(default) olarak verilmiştir

Elde edilen bir yol pürüzlülüğü sinyali taşıt kütesine transfer edildikten sonra, yukarıda anlatılan deney tesisatından oluşturulan genlik(deplasman)-kuvvet sinyalleri veri tabanından faydalanmak suretiyle, yazılan bilgisayar programı yardımıyla "kuvvet" değerlerine dönüştürülmektedir. Bu dönüşüm sırasında belli bir genlik değerine karşılık gelen kuvvet değeri, veri tabanındaki genlik(deplasman)-kuvvet bilgileri doğrultusunda enterpolasyon yöntemi yardımıyla hesaplanmaktadır. Şekil 3.11'de teorik gerilmenin bilgisayar hesaplarının nasıl yapıldığına dair akış şeması gösterilmiştir. Burada bazı ara işlem (visual basic uyarı mesaj kutuları, maksimum- minumumu tespit etme ara işlemleri vb.) hesaplamaları şemanın karmaşık bir hal almaması için belirtilmemiştir. Akış şemasından veya programdan anlaşılabilecek üzere genlik-kuvvet veri tabanının oluşturan veri sayısı "count" ve taşıta transfer edilen yol pürüzlülüğü genlik sinyali veri sayısı da "say" adı altında verilmiştir. Ayrıca "a,b,c,d" indisleri sırasıyla ön sol, sağ ve arka sol, sağ tekerlekleri belirtmekte olup sadece "a" tekerleği için hesap işlemleri gösterilmiştir. Diğer tekerlekler için de işlem aynı kademelerden geçmektedir. Bu kısımdaki hesaplamaların yapıldığı programın tamamı Ek-E'de dir.



Şekil 3.11 Teorik gerilme hesabının akış şeması

3.4. Hasar Hesaplamaları

Gerilme sinyalleri Rainflow sayma yöntemine tabi tutulup çevrim sayıları (yükleme sıklıkları veya kollektifleri) elde edildikten sonra Palmgren-Miner kuralıyla Hasar hesaplaması yapılmış, daha sonra Level Crossing hesaplama işlemi ile istediğimiz bir gerilme değerinin, ürettiğimiz hızlandırılmış yol sinyaline karşılık gelen gerilme verileri içindeki miktarına bakılıp hızlandırma oranı karşılaştırılması, dolayısıyla üretilmiş sinyallerin yorulma açısından kontrolü gerçekleştirilmiştir.

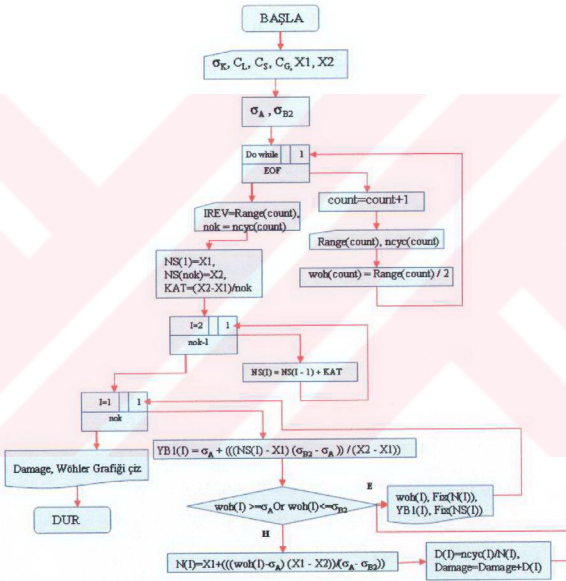
3.4.1. Rainflow Çevrim Sayma Programını Oluşturma

Literatürde Hasar değerleri hesaplanırken ilk önce sinyal değerleri Peak-Valley işleminden geçirilmekte ve bu şekilde daha önce belirtilen histerisis değerler atılmak suretiyle veri sayıları azaltılarak Rainflow sayma işlemi daha sağlıklı bir hale getirilmiş olmaktadır. Böylelikle bilgisayarda sinyalin veri işleme süresi kısalmaktadır. Bu amaçla visual basic programında yazılan ve bir bütün olarak ele

[illegible]

3.4.2. Hasar Programı ve Hesabı

Şekil 2.13'te yükleme kolektifindeki, herbir “ n_i ” çevrimine karşılık gelen Wöhler eğrisindeki “ N_i ” değerlerinin Hasar hesabı için belirlenmesi gerekmektedir. Hasar programı, Şekil 3.13'teki akış şemasında da görüldüğü gibi oluşturulmuş olan teorik Wöhler eğrisini de kullanarak “ N_i ” değerlerini hesaplamaktadır. Bu akış şemasından da anlaşılacağı üzere, malzemenin “ 10^3 ” ve “ 10^6 ” çevrim aralığı n_i 'lerin toplam değeri olan “nok”a bölünmek suretiyle, Wöhler eğrisi hassasiyeti ayarlanmakta ve malzemenin “ σ_A ” ve “ σ_{B2} ” aralığında eğrisi çizilebilmektedir. Rainflow'dan bulunan gerilme değerlerine karşılık gelen malzemenin yorulma çev-



Şekil 3.13 Hasar hesabının akış şeması

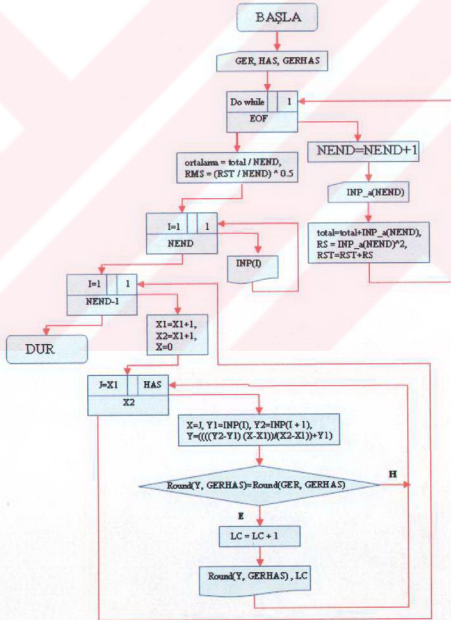
rim sayısı değerleri “ N_i ”, denklem (3.5)’teki enterpolasyon yardımıyla bu üst ve alt gerilme aralığına göre hesap edilmektedir. Hasar hesabı yapılırken sadece bu aralık içerisinde kalan değerler ele alınmaktadır. Şekil 3.2’de bu eğrinin sınır değerleri görülmektedir. Burada “ n_i ”lere karşılık gelen “ σ_i ”ler Rainflow’dan elde edilen geril-

$$N_i = N_1 + \frac{(\sigma_i - \sigma_A)(N_1 - N_2)}{\sigma_A - \sigma_{B2}} \quad (3.5)$$

me değerleri olup $N_1=10^3$ ve $N_2=10^6$ aralığında kalan değerler hesaplamalara girmektedir. Bu hesaplamaların yapıldığı visual basic'te yazılmış program Ek-G'de dir.

3.4.3. Level-Crossing ile Seviye Belirleme

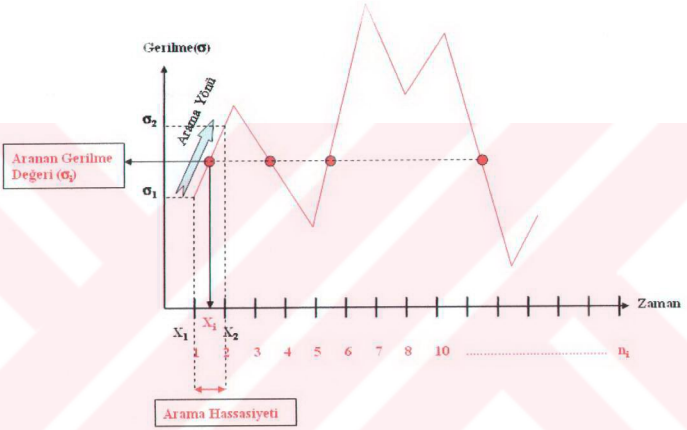
Gerilme açısından olayı irdelediğimizde, hızlandırılmış test sinyallerinden meydana gelen büyük genlikli gerilmelerin adedi, gerçek yol'dan kaynaklanan gerilme değerlerinden daha fazla olacaktır. Örnek olarak gerçek yoldan oluşan gerilme sinyalleri içerisinde sürekli mukavemet sınırındakilerin miktarı, 1:30 hızlandırılmış bir test sinyalindeki değerlerle karşılaştırıldığında bu miktarın hızlandırma oranı mertebesinde artmış olması gerekmektedir. Bu amaçla üretilen hızlandırılmış yol sinyali değerlerinin gerçekten istenilen oranda malzemeyi yorup yormadığının kontrolünü yapmak amacıyla Level-Crossing hesaplama işleminden faydalanılmıştır. Bu hesap yönteminde, hızlandırılmış ömür testi programı içerisinde



Şekil 3.14 Level Crossing ile seviye miktarı tespit etme hesaplarının akış şeması

Peak_Valley verileri seçime bağlı olarak bulunmakta ve daha sonra Level_Crossing işlemine tabi tutulmaktadır. Peak_Valley hesaplamaları Şekil 3.12'de gösterildiğinden, Şekil 3.14'te sadece Level_Crossing hesaplama akış şeması verilmiştir. Bu

seviye belirleme yönteminde, aranan değer, aranan değer hassasiyeti ve arama hassasiyeti kavramları karşımıza çıkmaktadır. Gerilme-zaman sinyali üzerinden istenilen bir gerilme değeri aranan değer olmaktadır. Aranan değer hassasiyeti, ondalık veya yüzdelik vs. bir aranan değer girildiğinde, tamsayıdan sonraki kaçınıcı haneye göre arama yapılacağını göstermektedir. Arama hassasiyeti ise, sinyalin üzerinde iki nokta arasının, kaç adım ilerlemek suretiyle aranan değer bulunması gerektiğini belirtmektedir. Şekil 3.15'deki şekilde bu hesaplama şematik olarak gösterilmiştir. Ayrıca denklem 3.6'daki enterpolasyon ifadesiyle aranan değer " X_1 " ve " X_2 " aralığında hesaplanabilmektedir. Buradan anlaşılacağı üzere " X_1 " değeri ara-



Şekil 3.15 Level_Crossing ile belirli bir gerilme değerinin sayılması

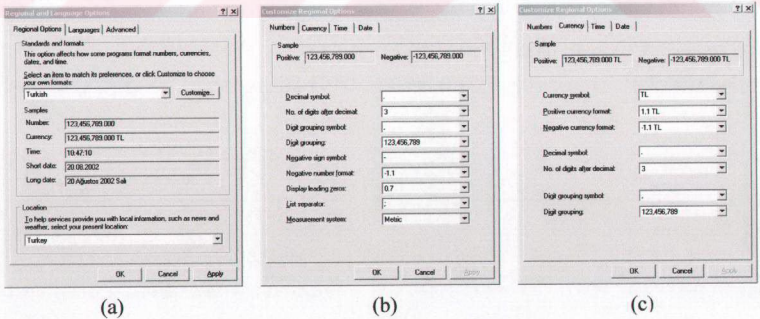
ma hassasiyeti ölçüsünde X_1 ve X_2 aralığında artırılarak " σ_i " hesaplanmaktadır. σ_1 ve σ_2 eğriyi oluşturan gerilme sinyalleridir.

$$\sigma_i = (X_1 - X_1) \frac{\sigma_2 - \sigma_1}{X_2 - X_1} \quad (3.6)$$

Ek H'da bu hesaplama işlemlerinin ve Peak_Valley yöntemiyle Level_Crossing'in birlikte çalıştığı visual basic programları bulunmaktadır.

4. HIZLANDIRILMIŞ ÖMÜR TESTİ BİLGİSAYAR PROGRAMI

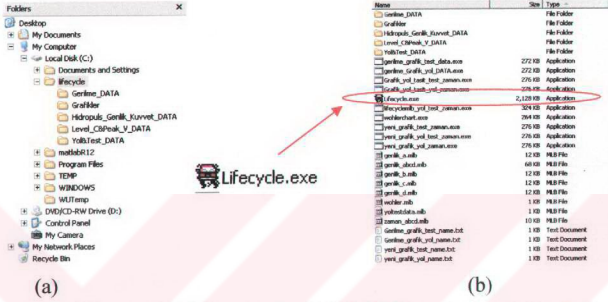
Bu bölümde bir önceki kısımda hesaplama algoritmaları verilen ve tezin ana hedeflerinden biri olan ve bu çalışma için yazılan Hızlandırılmış Ömür Testi bilgisayar programı tanıtılacaktır. Programın hızlı ve sağlıklı çalışabilmesi için gerekli olan bilgisayar konfigürasyonunun da iyi olması gerekmektedir. Bu amaçlı gerekli minimum bilgisayar konfigürasyonu, Pentium II tabanlı, 450 MHz hızında bir CPU, en az 256 MB RAM, 16 MB ve üzeri bir ekran kartından oluşmalıdır. Daha önceden de bahsedildiği gibi program bir milyon veri boyutunda hazırlandığından, hard diskte yapay hafıza(virtual memory) yaratılıp işlem hızını yavaşlatmamak için 512 MB RAM programın çok daha iyi çalışmasını sağlayacaktır. Bunun yanında program yazılırken iki farklı paket programdan faydalanılmıştır. Hızlandırılmış ömür testi programı çalışırken bu paket programların ilgili kütüphanelerine (dll, lib, toolbox, sys, vs) başvurmaktadır. Visual basic 6.0 ve Matlab 6.0 R12 versiyonları kullanılarak yazılan program, ilgili kütüphaneleri okumak suretiyle çalışabilmesi için bilgisayarın harddiskinde yüklü olması gereklidir. Bunun yanında bilgisayarda Türkçe karakterlerin görülebilmesi ve ondalık vs. sayılarla yapılan veri girişinin “nokta” olarak yapıldığı için “Regional Options” ayarlarının Şekil 4.1’deki gibi yapılması gerekmektedir. Ayrıca program editörü 1024x768 ekran çözünürlüğünde tasarlanmıştır.



Şekil 4.1 (a) Regional options, (b) Numbers, (c) Currency

Tezin en arka sayfasında bulunan Hızlandırılmış Ömür Testi demo program CD’nin içerisindeki programlar ve alt dizinler, CD içerisinde “lifecycle” ana dizini

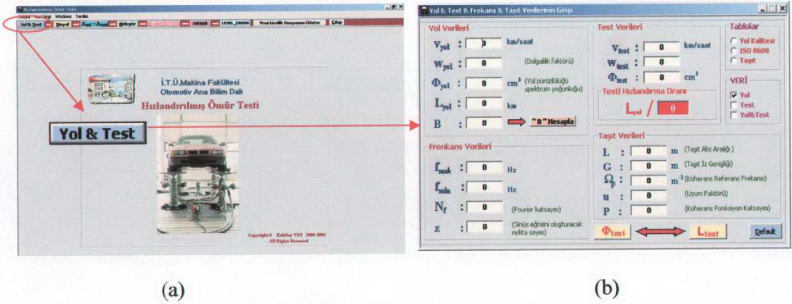
altında bulunmaktadır. Bu dizin aynı şekilde hard disk altına Şekil 4.2 (a)'daki gibi kopyalanması gereklidir. Daha sonra yapılması gerekli olan işlem, CD kopyalama yapıldığı için lifecycle dizininin “read-only” den kurtarılmasıdır. Bir başka değişle “lifecycle” dizininin properties(özellikler) kısmından “read-only” chech box'ının (kare kutucuk) ana ve alt dizinler için iptal edilmesi gereklidir. Bundan sonra yapılacak işlem Şekil 4.2'(b)'deki “lifecycle” ana dizini altındaki “lifecycle.exe” programını “Desktop” üzerine Shortcut (kısayol tuşu) olarak taşınmasıdır.



Şekil 4.2 (a) Hard disk altındaki lifecycle ana dizini, (b) lifecycle'ın alt dizinleri

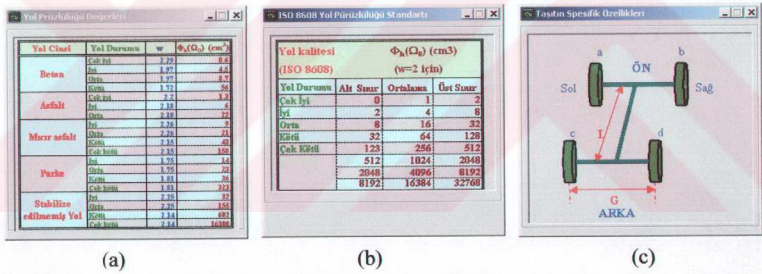
4.1. Yol, Test, Frekans ve Taşıt Verilerinin Programa Girişi ve Hızlandırılması Test Sonuçlarının Hesaplanması

Program (lifecycle.exe) çalıştırıldıktan sonra Şekil 4.3(a)'daki editör karşımıza gelecektir. Bundan sonraki aşama artık yol, test, frekans ve taşıt verilerinin girilmesidir. Şekil 4.3 (b)'de görülen editör vasıtasıyla bu işlemler gerçekleştirilmek-



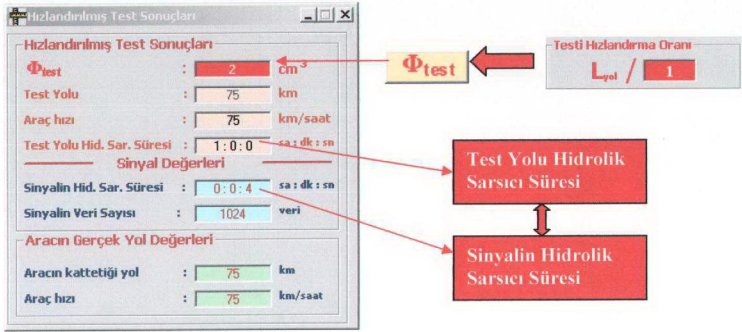
Şekil 4.3 (a) Programın ana editörü,(b) yol, test, frekans ve taşıt verilerinin programa girişi

tedir. Burada bulunan “Default” ikonu(tuşu) tıklandığında hafızadaki değerler otomatik olarak editöre gelmektedir. Bu editörde “Tablolar” ve “VERİ” başlığı altında çeşitli seçenekler verilmiştir. Tablolar seçeneğinde, “Yol kalitesi” tıklandığında çeşitli yol kaliteleri için yol pürüzlülüğü spektrum yoğunlukları bir tablo olarak verilmektedir(Şekil 4.4 (a)). “ISO 8608” seçeneğinde ise, bu yol standartına göre çeşitli yol durumları için yol pürüzlülüğü spektrum yoğunlukları görülmektedir(Şekil 4.4 (b)). Aynı başlık altında son seçenek ise “Taşıt” olup, koherans fonksiyonunun hesaplanabilmesi için gerekli olan taşıt parametrelerini göstermektedir(Şekil(4.4 (c))). “VERİ” başlığı altındaki seçenekler ise üretilecek sinyalin yol mu yoksa test sinyali mi olduğunu göstermek amaçlıdır. Bu şekilde seçeneklerin seçilmesiyle oluşturulacak dosya ve grafik adları, seçenek doğrultusunda değişecektir. Son seçenek olan “Yol&Test” ise yol ve test verilerinin grafik gösteriminin üst üste olması istendiği zaman seçilmektedir. Sinyal üretimi sırasında gerekli veriler girilip, “L_{test}” ikonuna tıklandığında karşımıza Şekil 4.5’de görülen Hızlandırılmış test sonuçları, üretilecek sinyal değerleri ve yukarıda girilen gerçek yol değerleri görülmektedir. Bu ikon, Şekil 3.4’de akış şeması verilen alt programı çağırarak hesaplamayı yapmaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken husus şekilden



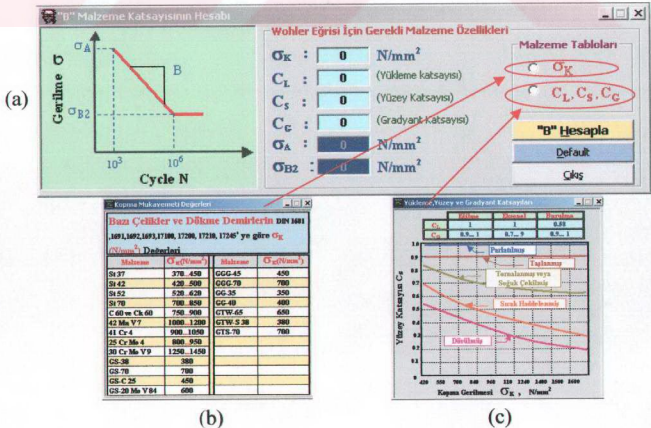
Şekil 4.4 (a) Yol cinsine göre “ $\Phi_h(\Omega_0)$ ” ve “w”,(b)ISO 8608 yol standardı, (c) Taşıt Özellikleri

de görüleceği gibi sinyalin hidrolik sarsıcı süresinin, test yolu hidrolik sarsıcı süresine eşit olacak şekilde yol-test verilerinin değiştirilmesidir. Ayrıca hızlandırma oranı değeri girildiğinde ve “ Φ_{test} ” ikonuna basıldığında program otomatik olarak bu değeri hesaplamaktadır. Fakat daha önceden de bahsedildiği gibi bu hesaplama “N_f” in “500” den küçük değerleri için uygun görülmektedir. Aksi taktirde işlem süresi bilgisayar performansına göre uzayacaktır veya azalacaktır.



Şekil 4.5 Hızlandırılmış test sonuçları editörü

Bunun yerine, hızlandırma oranı sabit kalacak şekilde diğer değerleri az miktarlarda azaltıp çoğaltmak ve yukarıda belirtilen eşitliği sağlamak, bu hesaplamaların asıl işlem prosedürünü oluşturmaktadır. Programın çalışması sırasında, eğer daha önceki bölümde verilen bilgisayar programları incelenirse, yapılan bazı hatalar, işlem sırası takibi veya büyük, küçük değerler karşısında uyarı mesajları verecek şekilde yazıldığı görülecektir. Örneğin yol-test verilerinin girilmemesi halinde hesaplamayı başlattığınızda size verilerin girilmesi şeklinde bir uyarı mesajı gelecektir. Bu editörde ayrıca daha öncede bahsedilen malzeme yorulma katsayısının hesaplanabilmesi için “B” Hesapla” ikonuna tıklanması gereklidir. Şekil 4.6 (a)’da bu hesabın yapılacağı veri giriş editörü görülmektedir. “B”nin hesaplanabilmesi için gerekli alanların doldurulması veya default ikonu yardımıyla hafızadaki bilgilerin ekrana gelmesi sağlanabilmektedir. Bir önceki bölümde B’nin hesaplanması ile ilgili teorik bilgilerin ışığı altında, malzemeye ait mukavemet değerlerini programda aç-

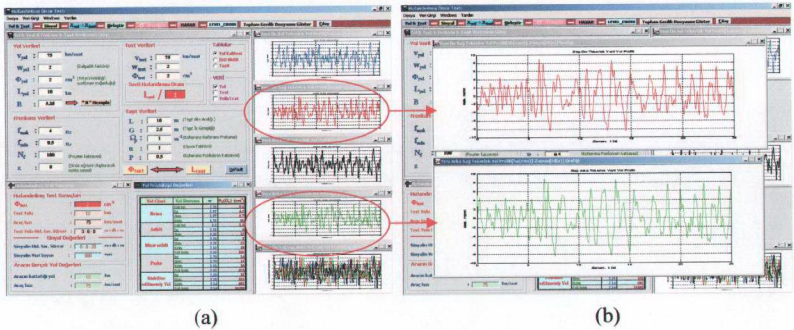


Şekil 4.6 (a) “B”hesaplama editörü, (b) σ_K tablosu, (c) C_L , C_S , C_G değerleri

lan farklı pencerelerdeki tablo ve grafiklerden okunabilmektedir. Bu editörde “Malzeme Tabloları” kısmından çeşitli malzemelerin “ σ_K ” ve “ C_L , C_S , C_G ” değerlerini görmek için bu seçeneklerin tıklanması yeterlidir. Şekil 4.6 (b) ve (c)’de bu tablo ve grafik değerleri görülmektedir.

4.2. Gerçek Yol ve Test Yolu Sinyalinin Elde edilmesi

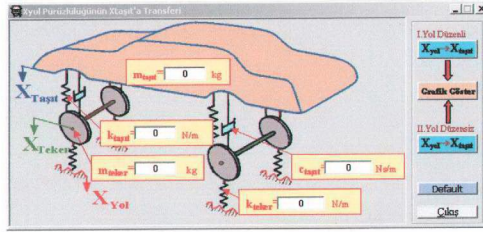
Burada dikkat edilmesi gerekli bir husus, yol ve test verilerinin eşit alınması halinde hızlandırma oranı altında “1” olmakta ve gerekli verilerin programa girilerek test yolu ve sinyalin hidrolik sarsıcı sürelerinin eşit olacak şekilde ayarlanmasıyla da gerçek yol sinyali elde edilmektedir. Test yolu sinyalinin üretimi de istenilen hızlandırma oranı çerçevesinde yapılır. Her iki sinyal üretiminde de test yolu ve sinyalin hidrolik sarsıcı süreleri eşitliği sağlandıktan sonra, sinyal üretimi için ana editörün üst kısmındaki sarı renkli “SİNYAL” ikona basılır. Bu şekilde Şekil 3.6’da hesaplama algoritması verilmiş alt program çalışmaya başlar ve istenilen yol ve test verilerine göre, yol pürüzlülüğü genlik-zaman sinyallerini üretir. İşlem süresince Matlab programına ait bir işlem barı görülmektedir. İşlem bittikten sonra “Ok” tuşuna basılmasıyla ekranın sağ köşesine bitişik, seçilen yol veya test veri seçeneğine göre üretilen beş ayrı genlik-zaman grafiği görülecektir. Bunlar yukarıdan aşağı sırasıyla ön sol, sağ, arka sol, sağ ve hepsinin birlikte üst üste gösterildiği grafiklerden oluşmaktadır. Şekil 4.7 (a)’da bu grafikler gösterilmiştir. Programda grafiklerin daha iyi görülüp okunabilmesi için, üzerlerine tıklamak suretiyle veya ekranın herhangi bir yerine taşınıp mouse yardımıyla çekerek büyü-meleri veya küçülmeleri imkanı verilmiştir. Programda oluşturulan bütün grafiklerin bu özelliği bulunmaktadır. Şekil 4.7 (b)’de buna benzer bir örnek gösterilmiştir.



Şekil 4.7 (a) Üretilen Yol veya Test sinyalinin Genlik-Zaman grafikleri, (b) Aynı grafiklerin büyütülmüş hali

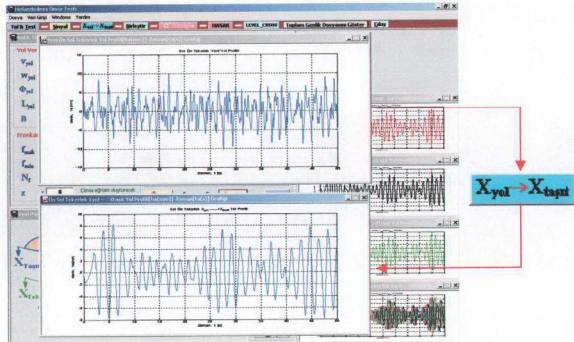
4.3. Elde Edilen Sinyalin Taşıta Transferi

Bölüm 2.3'te yol pürüzlülüğü genliklerinin taşıt kütesine transfer edilmesinin teorisi ve Şekil 3.7'de verilen hesaplama algoritması altında çalışan programın veri giriş editörü Şekil 4.8'de gösterilmiştir. Bu editörün ekrana gelmesi için ana program



Şekil 4.8 “ $X_{yol} \rightarrow X_{tasit}$ ” transferi için gerekli veri giriş editörü

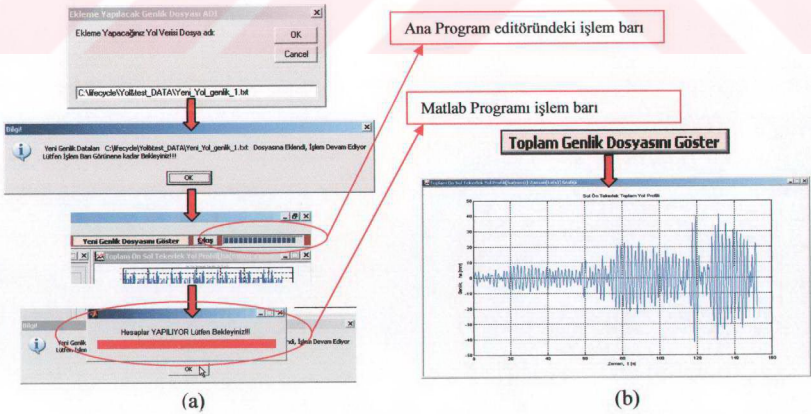
ekranının en üstünde soldan 3'ncü açık mavi renkli ikona “ $X_{yol} \rightarrow X_{tasit}$ ” basılması yeterlidir. Dikkat edilirse hesaplamaların karıştırılmaması ve kullanıcıya kolaylık sağlanması amacıyla, program içerisinde bu ikon ve diğerleri kırmızı oklar kullanılarak işlem sıraları oluşturulmuştur. Hesapları yapılacak aracın veri giriş editöründeki gerekli verilerin (m_{tasit} , m_{teker} , c_{tasit} , k_{tasit} , k_{teker}) girilmesi ve düzensiz yol için “ $X_{yol} \rightarrow X_{tasit}$ ” ikonuna basılmasıyla transfer işlemi gerçekleşecektir. Burada ayrıca, üretilen yol pürüzlülüğü sinyalleri ile taşıta transfer edildikten sonraki değerlerini karşılaştırmak amacıyla “Grafik Göster” ikonunu eklenmiştir. Bu ikona basıldıktan sonra matlab'te yazılmış grafik oluşturan alt bir program çalışmaktadır. Böylelikle bu grafikleri yan yana koymak suretiyle, yol pürüzlülüğü sinyallerinin taşıtta nasıl sönümlendiği hakkında bilgi edinilmiş olmaktadır. Şekil 4.9'da buna örnek bir gösterim sergilenmiştir.



Şekil 4.9 Yol pürüzlülüğü sinyallerinin taşıta transfer edildikten sonraki durumu

4.4. Sinyal Dosyalarının Birleştirilmesi

Yol pürüzlülüğü sinyallerinin taşıta transfer edilmesinden sonra, bu sinyal verilerinin bir dosyaya kullanıcının istediği adla kaydedilmesi gerekmektedir. Ana program editörünün en üst kısmında, sol baştan dördüncü açık yeşil “Birleştir” ikonuna basıldığında karşımıza Şekil 4.10 (a)’daki gibi ekleme yapılacak dosya adı penceresi açılmaktadır. Görüleceği gibi burada default olarak, lifecycle dizini altındaki alt bir dizine belli bir isim formatında kaydedilmesi istenecektir. Gerek “Yeni_Yol_genlik_1.txt” dosyası adı veya gerekse verilecek başka bir dosya adıyla sinyal verileri kaydedilebilir. Burada önerilen sadece “1, 2, 3...” şeklinde numaraların değiştirilerek yanına üretilen sinyalin özelliği hakkında küçük bir açıklama yapılarak kayıt işleminin gerçekleştirilmesidir. Eğer aynı veri dosyası üzerine ekleme yapılacaksa aynı ismin verilmesi gerekmektedir. Dosya adı verilip “Ok” tuşuna basıldıktan sonra, dosya kaydetme işleminin başladığına ve işlem barı görünene kadar beklenmesi gerektiğini gösteren bir uyarı mesajı belirecektir. Buradaki işlem sırası yeni bir sinyal dosyası oluşturmak veya daha önce oluşturulmuş bir dosya üzerine ekleme yapmak mantığı üzerine kurulmuştur. Bu işlemlerin yapıldığı visual basic’te yazılmış program EK-I’dadır. İşlem başladığı zaman ekranın üst sağ köşesinde bir işlem barı görünecektir. Bar kapandıktan sonra gerekli grafikleri oluşturacak matlab’te yazılan ikinci bir alt program devreye girip bu sinyal verilerine göre genlik(deplasman)-zaman grafiklerini oluşturacaktır. Şekil 4.10 (b)’de aynı dosya üzerine farklı sinyallerin kaydının yapıldığı bir grafik görülmektedir.

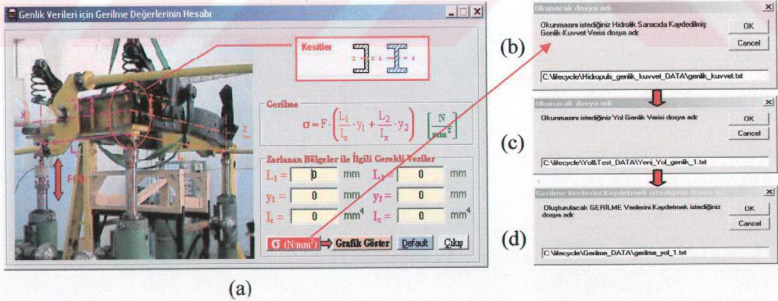


Şekil 4.10 (a) Oluşturulacak genlik dosyası işlem sırası, (b) Farklı yol sinyallerinin kaydı

Burada ayrıca ana program editörünün sağ üst tarafında bulunan “Yeni Genlik Dosyasını Göster” veya “Toplam Genlik Dosyasını Göster” ikonlarına basıldığında, biraz önce oluşturulan yeni genlik dosyasının veya birleştirme yapılan toplam sinyal dosyanın ismi sorulmaktadır. İstenilen dosya ismi girildiğinde, o sinyal verilerine ilişkin grafikler yazılmış matlab alt programı yardımıyla çizilecektir. Bu grafik çizdirme işlemi aynı anda “VERİ” başlığı altındaki “Yol, Test, Yol&Test” seçeneklerinin seçilmesiyle de ortak çalışmaktadır. Burada dikkat edilmesi gereken bir husus ta, sinyal verileri kaydedilirken “txt” uzantılı dosyaların sinyalin sadece genlik bilgilerini, “ekl” uzantılı dosyaların ise genlik ve zaman bilgilerini içermesidir. Dosya kaydedilmesi sırasında iki farklı dosya uzantısı aynı isim başlığı altında kayıt yapılmaktadır. Bu sebeble “toplam genlik dosyasını göster” ikonuna basıldığında “ekl” formatında dosya ismi sorulacaktır. Kaydedilen “txt” formatındaki dosya isminin mesaj kutucuğunda ilgili yere bu formatta(ekl) girilmesi sonucunda grafik oluşturulacaktır.

4.5. Teorik Gerilme Hesabı ile Genlik Sinyalinin Gerilme Sinyaline Transferi

Daha önce bölüm 3.3’te teorik gerilmenin oluşturulabilmesi için gerekli işlemler anlatılmıştı. Şekil 3.12’deki hesap algoritması yardımıyla istenilen genlik sinyalleri gerilme değerlerine çevrilmektedir. Ana program editörünün üst kısmında sol baştan beşinci “σ Hesapla” ikonuna basıldığında, Şekil 4.11(a)’daki genlik sinyallerinin gerilme sinyallerine çevrilmesi için gerekli veri girişi editörü ekrana gelecektir. Bu editörde, kuvvet verilerinin hidrolik sarsıcı üzerindeki şasiden nasıl



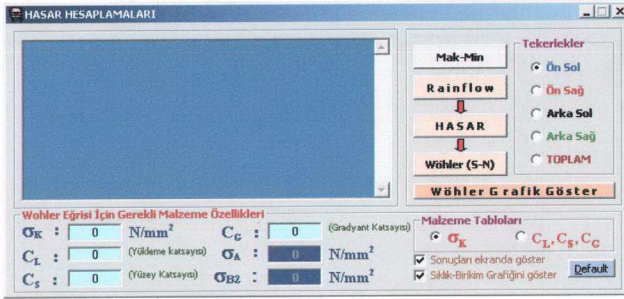
Şekil 4.11 (a) Gerilme sinyallerinin oluşturulduğu veri giriş editörü (b) Hidrolik sarsıcıda kaydedilmiş Genlik-Kuvvet verilerinin dosyadan okunması, (c) Üretilmiş transferi yapılacak genlik sinyallerinin dosyadan okunması, (d) Hesaplanan gerilme sinyallerinin istenilen dosyaya kaydı

okunduğu ve gerilme hesabının nasıl yapıldığına dair uzunluk değerleri ve gerilme bağıntısı verilmiştir. Bu deney ortamı içerisinde, daha önce uzunlukları belirlenmiş şasi profilleri ve bu profillerin silindirlere bağlı olduğu kesitlerin hesaplanmış atalet momentlerini kullanmak suretiyle gerilme hesabı yapılabilir. “Default” ikonuna basıldığı takdirde bu değerler otomatik olarak ilgili alanlara gelmektedir. “ σ (N/mm²)” ikonuna basıldığında, Şekil 4.11 (b), (c) ve (d)’de görüleceği üzere sırasıyla daha önce hidrolik sarsıcı deney düzeneğindeki şasi üzerinden kuvvet kaptörü vasıtasıyla okunan genlik-kuvvet verileri dosyası görülmektedir. Başka bir değişle, elimizdeki genlik sinyallerinin kuvvet değerlerine entropolasyon yardımıyla dönüştürülebilmesi için, genlik verilerine karşılık gelen kuvvet değerleri dosyasının okunması ile ilgili pencere açılmaktadır. Bu dosya ismi girildikten sonra, gerilme değerlerinin bulunması istenilen veya yol pürüzlülüğünden elde edilen genlik sinyalleri dosya isminin istendiği başka bir pencere açılacaktır. Son olarak ta hesaplanan bu gerilme sinyallerinin hangi dosya adıyla nereye kaydedileceğini belirten farklı bir pencere daha açılmaktadır. Bu kutucuğa da “ok” dendiikten sonra hesaplama işlemi başlayacaktır. Sağ üst köşedeki işlem barı hesaplamanın yapıldığını göstermektedir. İşlem süresi bilgisayarın kapasitesi ve veri sayısı ile doğru orantılıdır. Dikkat edileceği üzere genlik dosyaları “lifecycle” dizini altındaki “Yol&Test_DATA” dizine, gerilme verileri, “Gerilme_DATA” alt dizine, grafikler “Grafikler” alt dizinine ve hidrolik sarsıcıdan okunan veri tabanı genlik-kuvvet dosyaları da “Hidropuls_Genlik_Kuvvet_DATA” alt dizinine kaydedilerek işlem kolaylığı sağlanmıştır. Son olarak bu teorik gerilme hesaplarının yapıldığı editörde “Grafik Göster” ikonu vasıtasıyla bu dönüşümü yapılan gerilme sinyallerinin grafiği matlab’te yazılmış alt program yardımıyla çizilmektedir. Aynı şekilde bu ikona basıldığında, ister son yapılan dönüşüm işleminin dosyası, yada istenirse daha önce yapılan genlik dosyalarının grafiklerini çizdirmek mümkündür.

4.6. Hasarın Hesap edilmesi

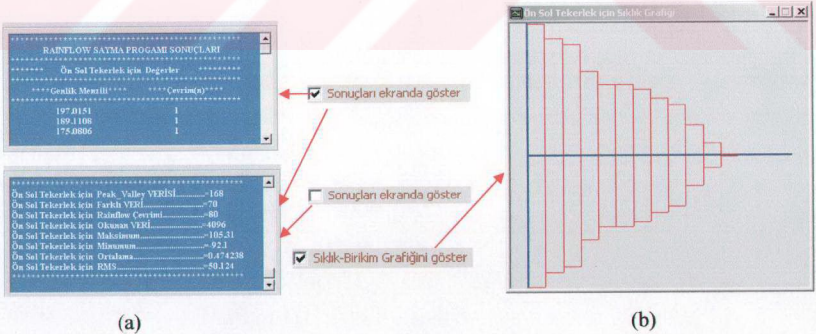
Yol pürüzlülüğünden elde edilen gerilme değerlerinin bundan sonraki aşaması, bölüm 3.4’te anlatılan hesap algoritması kullanılarak Hasarın hesaplanmasıdır. Bu sebeple bu gerilme sinyallerinin yükleme kolektifi veya sıklık eğrisinin çıkarılması gerekmektedir. Gerilme sinyal verilerinin sayılması için Şekil 3.12’deki Peak_Valley ve Rainflow sayma yöntemi kullanılmaktadır. Hızlandırılmış ömür testi programında bu işlem safhasına geçebilmek için ana program editöründeki “HASAR” yazılı ikona basmak gerekmektedir. Bunun neticesinde Şekil 4.12’deki Hasar hesaplarının yapıldığı editör ekrana gelecektir. Burada şekilden de görüleceği üzere sonuçların yazıldığı mavi bir text editörü vardır. Yapılan her işlem sonuçları bu

editörden görülebilmektedir. İşlem sırası kırmızı oklarla belirtilerek hesaplamanın doğru yapılması sağlanmıştır. “Sonuçları ekranda göster” seçeneği işaretlendiği tak-



Şekil 4.12 HASAR hesaplamalarının yapıldığı program penceresi

tirde hiç bir ara işlem gözükmezsiniz sadece sonuçlar ekrana gelmektedir. Ara işlemde kastedilen ise örneğin Rainflow sayma işleminde her bir genlik menziline (range) karşılık gelen çevrim sayısıdır (n_i). Şekil 4.13 (a)’da bu seçeneğin seçilmesiyle çıkan sonuçların ekrandaki görüntüsüne bir örnek verilmiştir. Aynı şeklin (b) şıkkin da ise “Sıklık-Birikim Grafiğini göster” seçeneğinin işaretlenmesiyle, bu gerilme verilerinin yükleme kolektifi (sıklık eğrisi) grafiği çizdirilmektedir. Bu editörde, “Tekerlekler” başlığı altındaki seçeneklerle, istenen herhangi bir tekerleğin sinyal verilerine göre HASAR hesaplamaları yapılabilir. Hatırlanacağı üzere

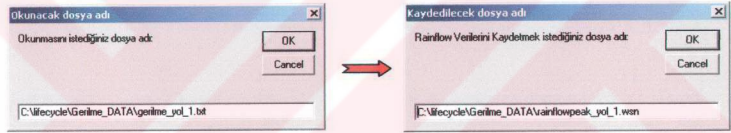


Şekil 4.13 (a) Rainflow sonuçlarının ekrandaki görüntüsü, (b) Sıklık grafiği

yal pürüzlülüğü sinyalleri üretilirken, ön sol tekerlek baz alınmak suretiyle diğer tekerleklerdeki sinyal değerleri hesaplandığı için hızlandırılmış ömür sinyalleri

oluşturulurken de bu tekerlekteki hasar etkisinin bulunması daha doğru olmaktadır. Çünkü diğer tekerleklerdeki genlik değerleri bölüm 2.2.4 'te teorisi verilen koherans fonksiyonu ve aks arası mesafeye bağlıdır. Taşıt aks aralığı ve genişliği sabit kalmak şartıyla koherans fonksiyonunu oluşturan parametreler Tablo 2.3'te görüleceği gibi yol tiplerine göre değişmektedir. Bu sebeble genlik değerlerinin etkisinin incelenmesi ve diğer üretilen sinyal değerleriyle karşılaştırılması sadece sol ön tekerlek üzerinde yapılacaktır. Koherans fonksiyonun ve diğer tekerlekler üzerindeki etkilerinin daha kapsamlı olarak incelenebilmesi programda mümkün kılınmıştır.

“Rainflow” ikonuna basıldığı takdirde rainflow sayma işlemine tabi tutulacak bir gerilme dosyası adı istenen bir pencere açılmaktadır. Bir önceki teorik gerilme hesaplarından elde edilen veya daha önce kaydedilmiş bir dosya adı isteğe göre verilebilmektedir. Şekil 4.14 (a)'da bu dosya adı giriş penceresi, (b) şıkında ise rainflow sayma işlemi bittikten sonra sonuçların kaydedileceği dosya adı penceresi görülmektedir. Bu dosya uzantısı formatı “wsn”dir ve default olarak “C:\lifecycle\Gerilme_DATA\” dizinine kayıt yapılması istenmektedir. Bir sonraki işlem adımı olan HASAR hesabında bu “wsn” uzantılı dosyalar kullanılacaktır.



Şekil 4.14 (a) Rainflow işlemine tabi tutulacak dosya, (b) Sonuçların yazdırılacağı dosya

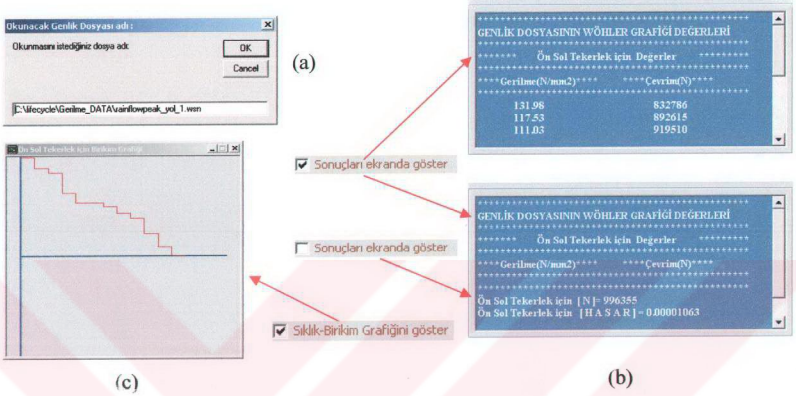
Hasar hesabına geçebilmek için ilk önce Şekil 4.15'de gösterilen Wöhler eğrisini oluşturabilmek için gerekli malzeme özelliklerinin girilmesi gereklidir. Bu malzeme özellikleri listesi Şekil 4.6 (a)'da bahsedilen malzeme yorulma katsayısı(B) özellikleri ile aynı olmalıdır. Bu sebeble programdaki “default” ikonunu vasıtasıyla her iki hesaplama içinde aynı değerler seçilebilir. Daha farklı bir malzeme, daha önce “B” hesaplarında anlatıldığı gibi bu editörde de bulunan malzeme tabloları seçeneklerinden seçilebilir. “HASAR” ikonuna basıldığında ekrana biraz önce kaydedilen Rainflow sayma işlemi sonuçlarının istendiği dosya adı penceresi açılmaktadır.

Wöhler Eğrisi İçin Gerekli Malzeme Özellikleri					
σ_K :	370	N/mm^2	C_G :	0.9	(Gradyant Katsayısı)
C_L :	1	(Yüklenme katsayısı)	σ_A :	0	N/mm^2
C_S :	0.55	(Yüzey Katsayısı)	σ_{B2} :	0	N/mm^2

Malzeme Tabloları	
☐ σ_K	☐ C_L, C_S, C_G
☒ Sonuçları ekranda göster	☒ Sıklık-Birikim Grafiğini göster
Default	

Şekil 4.15 Wöhler eğrisini oluşturabilmek için gerekli malzeme özelliklerinin giriş editörü

Şekil 4.16 (a)'da görüleceği üzere bu giriş editörüne ister son kaydedilen dosyayı yada istenirse daha önce kaydedilen rainflow “wsn” formatındaki sonuç dosyalarını girmek mümkündür. Bunun yanında, aynı rainflow hesaplarındaki gibi “Sonuçları ekranda göster” ve “Sıklık-Birikim grafiğini göster” seçenekleriyle HASAR sonuçlarını ve sıklık eğrisinin başka bir formatı olan “Birikim eğrisini” görmek mümkündür.

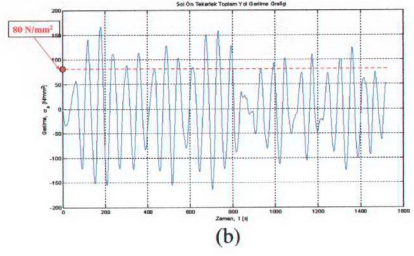
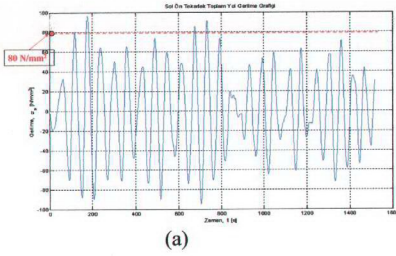


Şekil 4.16 (a) Rainflow sonuçlarının bulunduğu dosya adı girişi, (b) Hasar hesabı sonuçları, (c) Birikim grafiği

Şekil 4.16 (b)'de bu seçeneklerin seçilmesi sonucunda text editöründeki örnek görüntümler ve (c)'de çizilen birikim grafiği görülmektedir. Text editöründe görülen değerler seçilen tekerleğe ait gerilme ve o gerilmeye ait Wöhler eğrisindeki yorulma sayılarıdır(N). Bu gerilmelerin hesaplama algoritması Şekil 3.13 'teki akış şemasında daha önce verilmişti. Bu sonuç ekranında görünen HASAR değeri hızlandırılmış yol sinyali üretirken hesaplamalarda kullanılacak değerdir.

4.7. Level Crossing ile Karşılaştırma Kontrolü

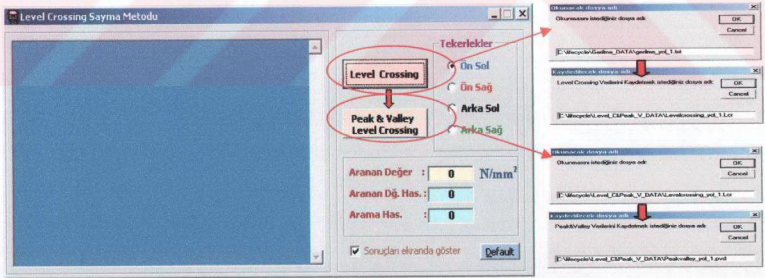
Bölüm 4.5'te elde edilen teorik gerilme sinyal değerleri bu bölümde Level Crossing hesap algoritması altında, istenilen bir gerilme değerinin sayılması amacıyla tekrardan kullanılacaktır. Daha öncede belirtildiği gibi, elde edilen hızlandırılmış yol sinyallerinin, istenilen oranda hızlandırılıp hızlandırılmadığının, malzemenin belirlenen gerilme seviyesindeki artış yoğunluğuna bakılmak suretiyle karşılaştırma yapılmaktadır. Şekil 4.17 (a)'daki grafik gerçek bir yol pürüzlülüğünden oluşan gerilme sinyali, (b)'deki ise hızlandırılmış bir yol sinyali olsun.



Şekil 4.17 (a) Gerçek Yol pürüzlülüğü σ -Zaman sinyali, (b) Hızlandırılmış yol pürüzlülüğü σ -Zaman sinyali

(b)'de görüleceği üzere hızlandırılmış sinyaldeki malzemenin sürekli mukavemet sınırına yakın bir gerilme değerinin sinyal içerisindeki miktarı, (a)'daki gerçek yol pürüzlülüğündekinden daha fazladır. Başka bir deyişle malzeme bu gerilme seviyesine daha fazla miktarda maruz kalmaktadır. Dolayısıyla yolculuk hızı artmaktadır.

İstenilen seviyedeki gerilmenin sinyal içerisindeki miktarlarını (sayılarını) elde etmek amacıyla, Şekil 3.15'teki hesaplama tekniği kullanılarak Hızlandırılmış Ömür Testi programı içerisinde, Şekil 4.18'deki Level_Crossing editörü hazırlanmıştır. Ana program editörünün üst kısmında, sağ baştan üçüncü “LEVEL_CROSS” ikonuna basıldığında bu hesaplama penceresi açılacaktır. HASAR hesaplamalarında olduğu gibi burada da “Tekerlekler” seçeneği eklendiği görülmektedir. İstenildiğinde her bir tekerlek için ayrı ayrı hesapların yapılması mümkün kılınmıştır. Şekilde de



Şekil 4.18 Level Crossing Hesaplama Editörü

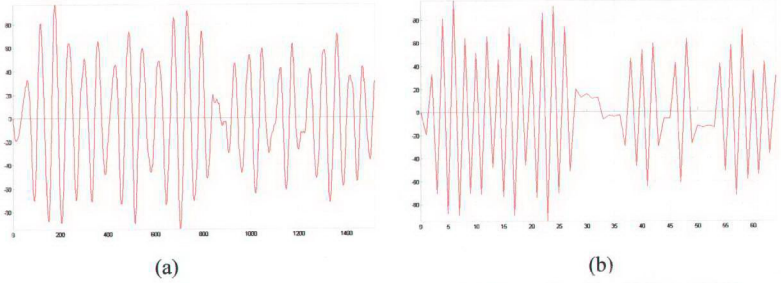
görülebileceği üzere “Level Crossing” ikonuna basıldığında karşımıza teorik gerilme hesaplarından elde edilen, gerilme sinyalleri dosyasının okunmasının istendiği bir dosya adı giriş penceresi açılmaktadır. Bu dosya adı girildikten sonra, “Lcr” formatındaki dosya, lifecyle dizini altındaki “Level_C&Peak_V_DATA” alt dizinine kopyalanacağını gösteren bir başka veri giriş penceresi açılmaktadır. Buradaki dosya

adları, hesapları takip edebilme açısından kullanıcıya bağlı olarak değiştirilebilmektedir. Daha önce de belirtildiği gibi, numaralama ve o hesap hakkındaki küçük kısaltmaların yapılması en uygun yol olmaktadır. Bu dosya aslında sadece seçilen tekerleğin gerilme değerlerinin bulunduğu “Lcr” formatında bir dosyadır. Bir sonraki Peak&Valley hesaplarında hesap kolaylığı sağlaması açısından böyle bir hesaplama işlemine gidilmiştir.

Bilindiği gibi Peak&Valley sayma işlemiyle histerisis banтта bulunan sinyal verileri elimine edilmekte ve böylece veri sayısı düşürülmek suretiyle hesaplama kolaylığı sağlanarak işlem hızı artırılmaktadır. Aynı mantık düşünülerek ister “Level Crossing” tek başına yada istenirse Peak&Valley değerleri bulunduktan sonra Level Crossing hesaplaması yapılması kullanıcının seçeneğine bırakılmıştır. Burada aynı veriler girilmesi(aranan değer, aranan değer hassasiyeti, arama hassasiyeti) durumunda, Level Crossing işlemlerinin bilgisayar performansına göre oldukça uzun süreceği görülecektir. Burada dikkat edilecek bir husus başta “Level Crossing” hesaplarının yaptırılması ve daha sonra Peak&Valley-Level Crossing hesaplarına geçilmesidir. Bunun sebebi yukarıda da söylendiği peak&valley verilerinin bulunabilmesi için gerekli dosyanın (Lcr formatlı dosya) bu hesaplama ile oluşturulmasından kaynaklanmaktadır. Eğer sadece Peak&Valley ve Level Crossing işlemleri kullanılacaksa önerilen arama hassasiyeti yerine “1” yazarak Peak&Valley işlemi için gerekli dosyayı oluşturmaktır. Daha sonra “Peak&Valley-Level Crossing” ikonuna basıldığında, ekrana bu dosyanın adının istendiği bir pencere açılacaktır (Şekil 4.18). İstenilen dosya adı girildikten sonra Peak&Valley verilerinin yazdırılacağı “pvd” formatında başka bir dosya adı girileceği farklı bir pencere açılmaktadır(Şekil 4.18). Bu dosya adı da “Lcr” formatlı dosya ile aynı dizinde bulunmaktadır. Bu verilerin yazdırılmasındaki amaç ise sinyallerin grafiksel olarak karşılaştırılması ve hesaplamanın doğru bir şekilde yapıldığının kontrolü içindir. Şekil 4.19(a)’da Peak&Valley işlemine tabi tutulmamış 1520 sinyal verisinden meydana gelen sinyalin grafiği, (b)’de ise Peak&Valley hesaplamalarından sonra aynı sinyalin 65 veriye indirilen grafiği görülmektedir. Dikkat edilirse sinyalin sadece Peak&Valley’lerden oluştuğu görülecektir.

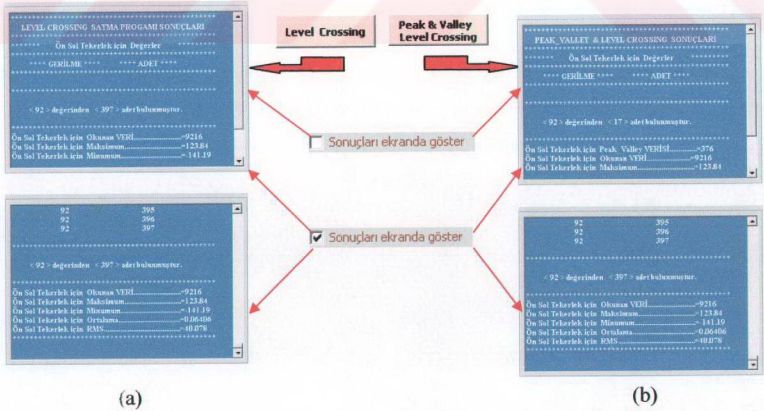
Yukarıda belirtilen her iki işlemin sonuçları Şekil 4.20 deki gibi görülmektedir. (a)’da “Level Crossing sonuçları (gerilme seviyesi miktarı, veri sayısı, ortalama, maksimum, minimum, RMS(root meter square)), (b)’de ise Peak&Valley işlemine tabi tutulan sinyal verilerinin Level Crossing sonuçları görülmektedir. Burada “Sonuçları ekranda göster” seçeneği daha önce anlatıldığı gibi işlemektedir. Hesaplamalarda dikkat edilecek bir husus, histerisis bantındaki sinyal verileri Peak&Valley yöntemiyle elimine edildiği için seviye miktarlarının daha az olacaktır. Arama hassasiyetinin saptanmasında tavsiye edilen yöntem gerilme sinyal

verilerinin sayısının az olduğu (taşıtın gideceği yolun en kısa mesafeleri) veya gerilme-zaman grafiğinde gözle sayım işleminin yapılabildiği bir durumda bu hassasiyetin belirlenmesidir.



Şekil 4.19 (a) Peak&Valley işleminden önceki ham sinyal, (b)Peak&Valley işleminden sonra

Örnek olarak taşıt başta 10 km yol gitsin, bu taşıta ait gerilme sinyalleri içerisinde istediğimiz bir gerilme değerinin sayısını gerilme-zaman grafiğinden sayalım ve bu gerilme dosyasını Peak&Valley-Level Crossing işlemine tabi turalım. Gözle saydığımız adeti bulana kadar arama hassasiyetini azaltıp çoğaltarak işlemi tekrar edelim. Daha sonra aynı işlemi 20 km için yapalım. Aynı arama hassasiyetinde yaklaşık olarak aynı sonucu veriyorsa, artık bu arama hassasiyeti gözle sayılamayacak sinyal verileri için kullanılabilir demektir.



Şekil 4.20 (a) Level Crossing Sonuçları, (b) Peak&Valley Level Crossing Sonuçları

Daha önce HASAR hesap sonuçlarında da görülen ortalama değer, aslında okunan sinyal verilerinin aritmetik ortalaması olup, program içerisinde Denklem (4.1) bağıntısı yardımıyla hesaplanmaktadır[39].

$$\text{Ortalama} = \frac{1}{N_D} \sum_{i=0}^{N_D} D_i \quad (4.1)$$

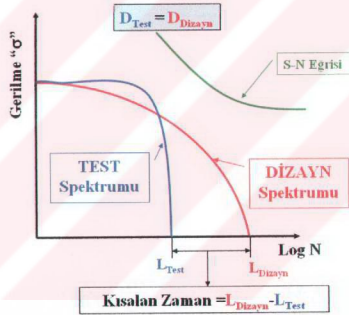
Burada “ N_D ” değeri toplam sinyalin veri sayısını, “ D_i ” ise herbir sinyal değerini göstermektedir. RMS (Root Meter Square) ise denklem (4.2) ile hesaplanmaktadır.

$$\text{RMS} = \sqrt{\frac{1}{N_D} \left(\sum_{i=1}^{N_D} D_i^2 \right)} \quad (4.2)$$

Bu değerlerin hesaplatılmasındaki amaç, oluşturulan sinyallerin istatistiki olarak incelenmesine ıfık tutmasıdır.

5. ÖRNEK BİR HIZLANDIRILMIŞ TEST SİNYALİ OLUŞTURMA

Yol pürüzlülüğünden gelen titreşimlerin kaydı ve bu sinyallerin bire bir çalınması, örneğin 300,000 km katedilecek bir yol için yaklaşık 7 ay gibi uzun bir süre almaktadır. Bu sebeble katedilecek bu mesafede meydana gelen yorulma etkisini daha kısa bir sürede gerçekleştirecek test ortamına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu tezdeki temel hedef de, eşdeğer yorulma etkisini sağlayacak test sinyallerinin elde edilmesi ve buna ait test spektrumunun oluşturulmasıdır. Şekil 5.1’de görüleceği üzere gerçek yoldan gelen yorulma etkisi “Dizayn Spektrumu” olarak ele alınırsa, aynı yorulma özelliğini verecek hızlandırılmış sinyaller de “Test Spektrumu”nda tanımlanacaktır[1,23,31]. Taşıtların ömürleri boyunca, farklı şartlarda kullanılanlar da



Şekil 5.1 Dizayn ve Test Spektrumu

olmakla birlikte, istatistiki olarak ortalama %50 iyi, %25 orta ve %25 kötü yol şartlarına maruz kaldığı kabul edilebilir. Bu yaklaşım taşıt imalatı açısından genel bir yaklaşım olup, imalatçının veya tasarımcının o araçtan istediği özelliklere göre bu oranları değiştirmesi veya sınıflandırmayı çoğaltması mümkündür. Burada dikkat edilmesi gerekli olan Dizayn spektrumunun hasar etkisinin Test Spektrumuna eşit olmasıdır. Aksi takdirde istenilen hızlandırılmış test veya simülasyon modeli ile benzeşim sağlanmamış olacaktır. Şekilde de görüleceği üzere test spektrumu elde ederken yapılan işlem, yüksek gerilme değerlerinin yoğunluğunun artırılması veya başka bir deyişle, araca aynı hasar etkisini verecek daha yüksek gerilme genişliği titreşimlerine maruz bırakmaktır. Bu şekilde testin süresi kısaltmakta ve aracın gerçek

yol pürüzlülüğünden meydana gelen ömrüne eşdeğer bir ömür elde edilmektedir. Bu amaçla aşağıda verilecek örnekte, yazılan hızlandırılmış ömür testi programını kullanmak suretiyle bir test spektrumu yaratılacaktır.

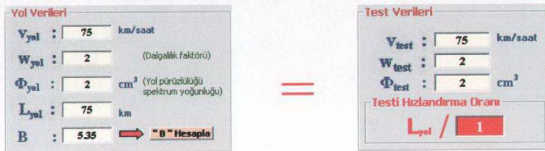
5.1. Dizayn Spektrumunun Oluşturulması

Test spektrumunun oluşturulabilmesi için ilk önce taşıtın normal işletme koşullarını tanımlayarak dizayn spektrumunun oluşturulması gereklidir. Yukarıda bahsedildiği gibi aracın Dizayn spektrumu verilerinin Tablo 5.1'deki gibi olduğunu kabul edelim. Burada görüleceği üzere seçilen araç hızları (V_{yol}), yol pürüzlülüğü spektrum yoğunlukları ($\Phi_h(\Omega_0)$) ve kat edilecek mesafeler (L_{yol}) aracın maruz kalaca-

Tablo 5.1 Dizayn Spektrumunu oluşturan veriler

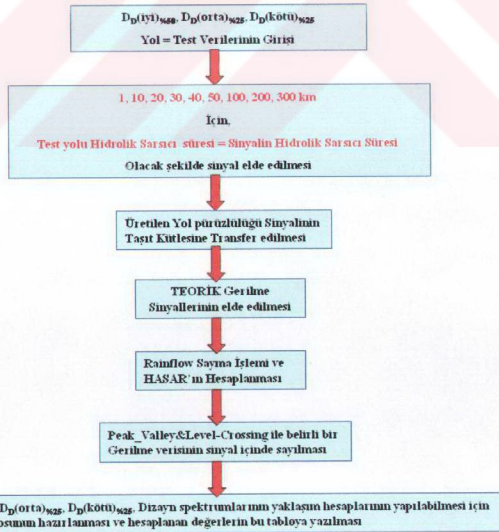
Dizayn Spektrumu	Yol Kalitesi (ISO 8608)	V_{yol} (km/saat)	$\Phi_h(\Omega_0)$ ($w=2$)(cm^3)	L_{yol} (km)
D _{%50}	İyi	75	2	150,000
D _{%25}	Orta	50	8	75,000
D _{%25}	Kötü	35	32	75,000

ğı düşünülen yol şartlarından oluşmaktadır. Dizayn spektrumu bu tablodan da anlaşılacağı üzere, aracın belli oranlardaki iyi, orta ve kötü yol kalitelerinde maruz kalacağı düzensiz yol titreşimleri sonucunda oluşacak yorulmanın etkisinin saptanmasından meydana gelmektedir. Bu amaçla, hızlandırılmış ömür testi programında, her yol kalitesindeki dizayn spektrumunun HASAR etkilerinin hesaplanması gerekmektedir. YOL ve TEST verilerinin eşit şekilde programa girilmesi halinde, dizayn spektrumunu oluşturacak yol pürüzlülüğü sinyalleri elde edilmiş olacaktır. Programda daha önceki bölümlerde anlatılan frekans, ve taşıt verileri kullanıcıya bağlı olarak değiştirilebilmektedir ve her bir sinyal elde edilirken bu veriler sabit kalacaktır. Aslında yapılan işlem hızlandırma oranını "1" olarak kabul etmekten başka birşey değildir(Şekil 5.2). Daha sonra anlatılacak olan TEST Spektrumuna geçilirken de frekans bant aralığı ve taşıt verileri Dizayn spektrumdaki değerlerle aynı kalmak şartıyla HASAR karşılaştırılması yapılarak sinyal üretimi



Şekil 5.2 Hızlandırılmış Ömür Testi programında Dizayn Spektrumunun elde edilmesi

sağlanacaktır. Ayrıca yol pürüzlülüğü genliklerinin taşıta transfer edilmesi ve bu transfer edilen değerlerin gerilme verilerine çevrilmesi hesaplamalarında programdaki hazır(default) değerler kullanılmıştır. Bu bilgiler ışığı altında ilk etapta 150,000 km iyi yol şartlarına karşılık gelen Hasarlar hesap edilecektir. Bu kilometreye karşılık gelen Test yolu hidrolik sarsıcı süresi 2000 saat yada 83.3 gündür ve bu zamana karşılık gelen hidrolik sarsıcıda çalışacak sinyal süresi de aynı olacaktır. Dolayısıyla böyle bir sinyalin veri sayısı 230,400,000 civarlarında olmaktadır. Böyle bir sinyali bilgisayar hesaplama performansı düşünüldüğünde işlemek şu an için en iyi bilgisayar hızlarında dahi haftalar alacağından, değişik hesap yöntemleri geliştirmek suretiyle bu kilometreye karşılık gelen Hasar etkisi hesap edilmiştir. Daha öncede bahsedildiği gibi Hızlandırılmış ömür testi programı bir milyon veri okumak ve bunları işleyebilmek amaçlı üretilmiştir. Çok daha iyi performansa sahip bilgisayarlarla çalışıldığında, programın yazılımı içerisinde gerek bu okuma boyutları, ve gerek se rainflow matris boyutu değiştirilebilir. Fakat geliştirilen hesaplama yöntemiyle bir milyon üzerindeki verilere gereksinim duyulmadığı için, boyutun bu sınırdan tutulmasında hesaplamalar açısından bir sakınca yoktur. Ayrıca Test spektrumunu oluşturmak için elde edilen sinyallerin Hasar etkisini, Dizayn spektrumu Hasar etkisine eşit kılmak amaçlı yüzlerce hesap yapıldığı düşünülmürse 230 milyon veri ile uğraşmanın oldukça mantıksız olduğu açıkça görülmektedir.



Şekil 5.3 $D_D(\text{iyi})\%_{50}$, $D_D(\text{orta})\%_{25}$, $D_D(\text{kötü})\%_{25}$ için izlenecek hesaplama yöntemi

Bilgisayar programının tanıtılması kısmında hesapların nasıl yapılacağına dair bilgiler verilmişti. Şekil 5.3'te Dizayn spektrumunda HASAR hesap edilirken izlenecek algoritma bir kez daha özetlenmiştir. İyi yol km'sine karşılık gelecek Hasarın hesap edilebilmesi için 1, 10, 20, 30, 40, 50, 100, 200 ve 300 km değerleri baz alınmıştır. Bu değerler seçilirken dikkat edileceği üzere 10 ve katları olarak seçilmiştir. İstenirse bu daha değişik bir artım izlenerek de yapılabilir veya 300 km den daha fazla kilometreler içinde hesaplamalar yapılabilir. Fakat sinyal veri sayısının bir milyonu geçmemesine dikkat edilmelidir. Bu 300 km sınırı daha sonra anlatılacak yaklaşım metodlarına göre Hasar hesaplamalarında yeterli bir değer olduğu görülmüştür. Dolayısıyla Şekil 5.3'te görülen hesaplama algoritması kullanılmak suretiyle, başta 1 km ve son olarak ta 300 km değeri için, her bir Dizayn spektrumuna karşılık gelen HASAR değerleri hesaplanır. Tablo 5.2'de Hızlandırılmış ömür testi programında $D_D(iy)_{\%50}$ 'ye karşılık gelen hesaplanmış değerler görülmektedir.

Tablo 5.2 $D_D(iy)_{\%50}$ Dizayn spektrumu Excel tablosu

YOL VERİLERİ = TEST VERİLERİ							HIZLANDIRILMIŞ TEST SONUÇLARI				FREKANS VERİLERİ				MALZEME VERİLERİ			
V_{ps} (m/sec)	W_{ps}	Φ_{ps} (g_m)	L_{ps} (m)	B	HASAR	PEAK, VALLEY LEVEL CROSSING	Test Yolu (km)	Test Yolu Hızlar Sırası (test-daki-son)	Sinyalin Hızlar Sırası (test-daki-son)	Sinyalin Test Sayısı	f_{max}	f_{min}	N_f	γ	σ_g (%mm)	C_1	C_2	C_3
1	75	2	2	1	5.35	0.0000101	1	00:00:48	00:00:48	1,520	4	0.5	190	8	370	1	0.55	0.9
2	75	2	2	10	5.35	0.00002120	20	00:08:00	00:08:00	15,360	4	0.5	1,920	8	370	1	0.55	0.9
3	75	2	2	20	5.35	0.00003620	32	00:16:00	00:16:00	30,720	4	0.5	3,840	8	370	1	0.55	0.9
4	75	2	2	30	5.35	0.00004949	52	00:24:00	00:24:00	46,080	4	0.5	5,760	8	370	1	0.55	0.9
5	75	2	2	40	5.35	0.00006766	57	00:32:00	00:32:00	61,440	4	0.5	7,680	8	370	1	0.55	0.9
6	75	2	2	50	5.35	0.00009563	89	00:40:00	00:40:00	76,800	4	0.5	9,600	8	370	1	0.55	0.9
7	75	2	2	100	5.35	0.00018246	194	01:19:60	01:19:60	153,392	4	0.5	19,199	8	370	1	0.55	0.9
8	75	2	2	200	5.35	0.00033142	329	02:39:60	02:39:60	307,192	4	0.5	38,399	8	370	1	0.55	0.9
9	75	2	2	300	5.35	0.00050798	507	04:00:00	04:00:00	460,800	4	0.5	57,600	8	370	1	0.55	0.9

Bu tablodaki sonuçları kullanmak suretiyle 150,000 km'deki, HASAR, toplam süre, sinyal veri sayısı ve sinyal içerisindeki belirli bir gerilme değeri miktarlarının hesap edilebilmesi için iki yaklaşım metodu geliştirilmiştir. Bu metodlar diğer dizayn ve test spektrumu hesaplarında da kullanılmış ve mukayeseli sonuçlar elde edilmiştir.

1'nci Yaklaşım "Katsayı Hesaplama"

Bu yaklaşımda belli bir km deki Hasar etkisi baz alınarak, bir katsayı hesap edilir. Burada Tablo 5.3 'te görüleceği üzere 10 km'deki hasar değeri seçilmiştir. Hesaplama işlemi tabloda "gerçek çarpan" olarak görülen değerlerin hesaplanmasıyla başlamaktadır. Bu hesaplama 100, 200 ve 300 km deki Hasarların 10 km'deki hasar değerine bölünmesiyle elde edilmektedir. "Çarpan" olarak gerçek kilometre değerleri kullanılmaktadır.

Tablo 5.3 Katsayı yaklaşımına göre $D_D(iy)_{\%50}$ için Hasar hesabı

km	Katsayı	Çarpan	Ornek Çarpanı	H A S A R
10				0.0000212
100	0.0961	100	8.607	0.0001823
200	0.0782	200	15.633	0.0003314
300	0.0799	300	23.961	0.0005080
				HATA
TOPLAM				0.0001725
SANAL				-0.0000100
				0.0003450
				0.0005175
				0.0000095

FARK=GERÇEK-SANAL

10 km'deki Hasar (0.0000212) değeri, Çarpan değeri ve TOPLAM (ortalama) katsayı ile çarpılarak İstenilen km'ye karşılık gelen HASAR değeri hesaplanmaktadır.

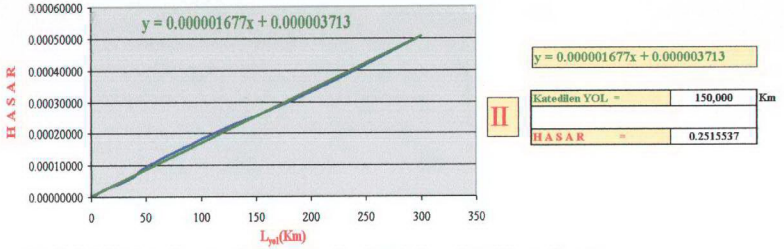
Katedilen YOL =	150,000	Km
H A S A R =	0.2587483	

TOPLAM ZAMAN = 2000:00:00	Saat =	83.3	Gün
TOPLAM Sıvırt Vakit = 238,400,000	Veri		

“Katsayı” hesaplanırken her km’ye(100, 200, 300 km) karşılık gelen gerçek çarpan, çarpan değerine bölünür (Katsayı = Gerçek çarpan / çarpan). Toplam katsayı hesap edilken bu üç katsayı değerinin aritmetik ortalaması alınır (Toplam Katsayı=(Kat₁₀₀+Kat₂₀₀+Kat₃₀₀)/3). Böylece artık elimizde hasarın km bazında artışını karakterize eden bir katsayı değeri vardır. İstenilen km’deki hasarı bulmak için, o km’yi 10 km’deki hasar ve toplam katsayı değeriyle çarpmak gereklidir. Bu işlem tablo 5.3’ten de anlaşılacağı üzere 150,000 km yol değeri için “ $D_{150,000 \text{ km}} = \text{Top Katsayısı} \times 150,000 \text{ km} \times 0.0000212 = 0.2587483$ ” şeklinde yapılmıştır. Toplam zamanı (test yolu hidrolik sarsıcı süresi) gerek program içersinde L_{yol} ’a 150,000 km vererek veya Tablo 5.2 den 10 km’ye karşılık gelen zamanı, 150,000 km ile çarptıktan sonra, 10 km’ye bölünmesiyle de bulunabilmektedir ((00:08:00)* 150,000 km/10 km = 2000 saat). Veri sayısı da aynı oranla hesap edilmektedir. Tablo 5.3 ‘te ayrıca bu katsayı hesaplama yöntemine göre yapılan hatayı görmek amacıyla, gerçek ve sanal olarak ifade edilen değerlerin farkı hesaplanmaktadır. Sanal olarak ifade edilen hasar değerleri 100, 200 ve 300 km’deki toplam katsayıya göre hesaplanan değerlerdir. Buradan da anlaşılacağı gibi bu hata değerleri önemsenmeyecek boyuttadır. Ayrıca daha geçerli olduğu düşünülen 2’nci yaklaşım sonuçları ile karşılaştırıldığında, bu hata değerlerinin oldukça ufak mertebelerde olduğundan eşitliği fazla etkilemediği görülmektedir.

2’nci Yaklaşım “Eğri Uydurma”

Bu yaklaşım metodunda excel veya benzeri bir programın yardımıyla elde edilecek eğrinin lineer denklemi bulunur. İstenilen kilometredeki Hasar değeri bu denklem vasıtasıyla elde edilir. Tablo 5.2’deki “ L_{yol} ”la karşılık gelen “Hasar” değerleri grafiği çizdirilip, lineer denklem takımı Excel programından istendiğinde Şekil 5.4’teki grafik elde edilecektir. Şekilden de anlaşılacağı üzere eğri denkleminde “x” yerine istediğimiz kilometre değerini yazdığımızda “y” değeri olan Hasar hesaplanabilmektedir.



Şekil 5.4 Eğri uydurma yöntemine göre $D_D(iyi)_{\%50}$ için Hasar hesabı

Tablo 5.2’de görülen Peak-Valley&Level Crossing sonuçlarının nasıl hesaplandığı ile ilgili açıklamalar Bölüm 4.7’de yapılmıştı. Burada sinyal verileri içerisinde, miktarının bulunmasını istediğimiz gerilme değeri programda kullanılan malzemenin “ σ_{B2} ” değerine yakın bir değer olup yaklaşık olarak 92 N/mm² seçilmiştir. Tablo 5.2’deki sonuçlar “0.01” arama hassasiyeti ile elde edilmiştir. Tablo 5.4’ de 1’nci katsayı yaklaşım metoduna göre yapılan hesaplamalar görülmektedir.

Tablo 5.4 Katsayı yaklaşımına göre $D_D(iyi)_{\%50}$ için gerilme miktarının hesabı

km	Katsayı	Çarpan	Gerçek Çarpan	PEAK_VALLEY & LEVEL CROSS	
10				20	
100	0.0970	100	9.700	194	GERÇEK
200	0.0823	200	16.450	329	
300	0.0845	300	25.350	507	
TOP	0.087916667				HATA
				176	-18
				352	23
				528	20
					FARK=GERÇEK-SANAL

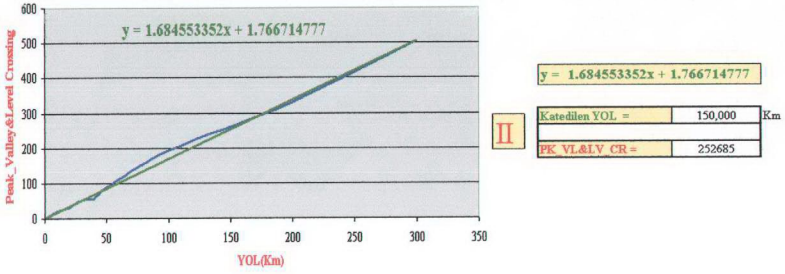
10 km’deki Peak_Valley&Level Crossing (20) değeri, Çarpan değeri ve TOPLAM (ortalama) katsayı ile çarpılarak, İstenilen km’ye karşılık gelen Peak_Valley&Level Crossing değeri hesaplanmaktadır.

I

Katedilen YOL =	150,000	Km
PK VL&LV CR =	263730	

Burada da 150,000 km yola karşılık gelen sinyal içerisindeki gerilme değeri (92 N/mm²) miktarı yukarıda anlatıldığı gibi hesaplanmaktadır. Şekil 5.5’te eğri uydurma yöntemini kullanmak suretiyle, $D_D(iyi)_{\%50}$ için 150,000 km’ye karşılık gelen gerilme miktarı bulunabilmektedir.

Şekil 5.3’teki işlem adımları $D_D(orta)_{\%25}$ Dizayn spektrumu için yapıldığında Tablo 5.5’teki excel tablosu sonuçları elde edilmektedir. Burada her bir kilometre değerine karşılık gelen sinyal içerisinde, Peak-Valley&Level Crossing gerilme değeri



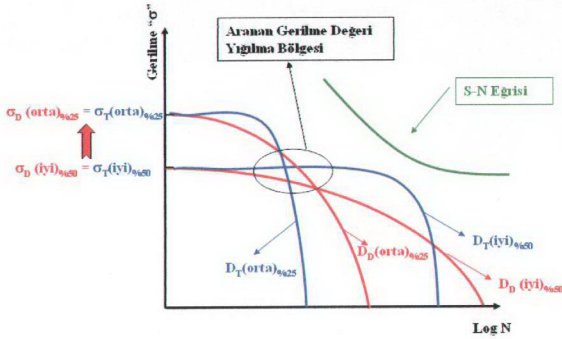
Şekil 5.5 Eğri uydurma yöntemine göre $D_D(iyi)_{\%50}$ için gerilme miktarının hesabı

miktari hesabında, gerilme değeri bir önceki dizayn spektrumu değerlerinin artış ve azalış oranlarına göre bulunmaktadır. Orta kalitedeki yolun V_{yol} ve $\Phi_h(\Omega_0)$ 'ın artış

Tablo 5.5 D_D (orta) $_{\%25}$ Dizayn spektrumu Excel tablosu

YOL VERİLERİ = TEST VERİLERİ										HIZLANDIRILMIŞ TEST SONUÇLARI										FİREKANS VERİLERİ				MALİEMİ VERİLERİ			
	V_{yol} (km/saat)	w_{yol}	Φ_{yol} (m/s)	I_{yol} (m/s)	B	HAZAR	PEAK, VALLEY & LEVEL CROSSING			Test Yolu (km)	Test Yolu Miliyar Saniye (miliyar saniye)	Ortalama Miliyar Saniye (miliyar saniye)	Ortalama Test Yolu	f_{max}	f_{min}	N_0	α	C_{PK} (dB/m²)	C_L	C_S	C_E						
1	50	2	8	1	5.35	0.00002115	2	1	00:01:12	00:01:12	2,288	4	0.5	286	8	370	1	0.55	0.9								
2	50	2	8	10	5.35	0.00017985	27	10	00:12:00	00:12:00	23,040	4	0.5	2,880	8	370	1	0.55	0.9								
3	50	2	8	20	5.35	0.00034627	43	20	00:24:00	00:24:00	46,080	4	0.5	5,760	8	370	1	0.55	0.9								
4	50	2	8	30	5.35	0.00053448	76	30	00:36:00	00:36:00	69,120	4	0.5	8,640	8	370	1	0.55	0.9								
5	50	2	8	40	5.35	0.00069645	100	40	00:48:00	00:48:00	92,160	4	0.5	11,520	8	370	1	0.55	0.9								
6	50	2	8	50	5.35	0.00089785	122	50	01:00:00	01:00:00	115,200	4	0.5	14,400	8	370	1	0.55	0.9								
7	50	2	8	100	5.35	0.00173380	293	100	02:00:00	02:00:00	230,400	4	0.5	28,800	8	370	1	0.55	0.9								
8	50	2	8	200	5.35	0.00346223	506	200	04:00:00	04:00:00	460,800	4	0.5	57,600	8	370	1	0.55	0.9								
9	50	2	8	300	5.35	0.00517567	840	300	06:00:00	06:00:00	691,200	4	0.5	86,400	8	370	1	0.55	0.9								

ve azalma oranları bir önceki aranan gerilme değerini belli miktarda arttırmaktadır. Denklem (2.16)'daki bağıntı, gerilme hesabı için düşünüldüğünde, buradan gerilmenin yol pürüzlülüğü ve hız ile doğru orantılı olarak artacağı veya azalacağı görülmektedir. Şekil 5.6'da ki dizayn ve test spektrumu eğrisinde de görüldüğü gibi, toplam gerilme değerleri belli bir miktar artacağından, bu ilk aranan gerilme değeri (92 N/mm^2) etrafında bir yığılma olacaktır ve bu da daha sonra hesap edilecek test spektrumlarındaki hızlandırma oranı tespitinde yanlış bir sonuç verecektir. Bu amaçla, test spektrumlarının istenilen oranda hızlandırılıp hızlandırılmadığının yaklaşık olarak tespitini yapmak amacıyla, bu gerilme değerinin belli bir mertebe artırılması gerekmektedir. Bu bilgiler ışığı altında, kaba yaklaşımla $D_D(iyi)_{\%50}$ ile $D_D(orta)_{\%25}$ arasındaki V_{yol} 'un azalış miktarı, 75 km/saat'ti 100 kabul ettiğimizde 50 km/saat için bu değer "67" ($50 \cdot 100/75$), $\Phi_h(\Omega_0)$ 'ın artış miktarı da $400(8 \cdot 100/2)$ dür. Bu iki değer aritmetik ortalaması "167" olmaktadır ($(400-67)/2$). Dolayısıyla Peak-Valley&Level Crossing yöntemiyle aranması gerekli gerilme değeri 92 N/mm^2 değeri için, 100 değerinin "167"ye artışı kadar olacaktır. Bu değer ise 154 N/mm^2 ,



Şekil 5.6 Aranan gerilme değeri yığılma bölgesi ve $\sigma_D(iyi)_{%50}$ 'nin $\sigma_D(orta)_{%625}$ 'ye artışı

dir($167 \cdot 92 / 100$). Aynı yöntem ile $D_D(kötü)_{%625}$ 'te hesap edilmekte ve bu değerler test spektrumunda da kullanılmaktadır.

Toplam Dizayn spektrumunu oluşturacak son $D_D(kötü)_{%625}$ 'değerleri Şekil 5.3 teki hesap algoritması yardımıyla hesaplandıktan sonra Tablo 5.6 elde edilmektedir.

Tablo 5.6 $D_D(kötü)_{%625}$ Dizayn spektrumu Excel tablosu

YOL VERİLERİ = TEST VERİLERİ										HIZLANDIRILMIŞ TEST SONUÇLARI				FREKANS VERİLERİ				MALZEME VERİLERİ			
	V_{PI} (km/saat)	W_{PI}	Φ_{PI} (m)	L_{PI} (km)	B	HATA	PEAK VALLEY & LEVEL CROSSING			Test Yolu (km)	Test Yolu Miktarı (saat/dk.san)	Stresin Miktarı (saat/dk.san)	Stresin Yol Süresi	f_{max}	f_{min}	N_f	R	σ_g (N/mm ²)	C_L	C_S	C_D
1	35	2	32	1	5.35	0.0006815	8			1	00:01:43	00:01:43	3,288	4	0.5	411	8	370	1	0.55	0.9
2	35	2	32	10	5.35	0.00071798	38			10	00:17:09	00:17:09	32,920	4	0.5	4,115	8	370	1	0.55	0.9
3	35	2	32	20	5.35	0.00219270	83			20	00:34:17	00:34:17	65,816	4	0.5	8,227	8	370	1	0.55	0.9
4	35	2	32	30	5.35	0.00222588	111			30	00:51:26	00:51:26	98,744	4	0.5	12,343	8	370	1	0.55	0.9
5	35	2	32	40	5.35	0.00328828	178			40	01:08:34	01:08:34	131,632	4	0.5	16,454	8	370	1	0.55	0.9
6	35	2	32	50	5.35	0.00371655	192			50	01:25:43	01:25:43	164,568	4	0.5	20,571	8	370	1	0.55	0.9
7	35	2	32	100	5.35	0.00873045	408			100	02:51:26	02:51:26	329,144	4	0.5	41,143	8	370	1	0.55	0.9
8	35	2	32	200	5.35	0.01583631	765			200	05:42:51	05:42:51	658,256	4	0.5	82,282	8	370	1	0.55	0.9
9	35	2	32	300	5.35	0.02376762	1,153			300	08:34:17	08:34:17	987,432	4	0.5	123,429	8	370	1	0.55	0.9

Tablo 5.6' Peak-Valley&Level Crossing'e göre her bir km için hesaplanan gerilme miktarı değerlerinin bulunması için gerekli olan $\sigma_D(kötü)_{%625}$ de, $D_D(orta)_{%625}$ 'deki gerilme miktarı değerlerini saptarken kullanılan $\sigma_D(orta)_{%625}$ 'nin hesaplandığı gibi bulunmaktadır. Buna göre $D_D(orta)_{%625}$ değerinden $D_D(kötü)_{%625}$ 'ye geçişte araç hızı 50' den 35 km/saat'te inmekte, bu 100 değerinin "70" e bir azalmasını göstermekte ve yol pürüzlülüğü spektrum yoğunluğu 8' den 32 cm^3 'ye yükselmekte, bu da 100 değerinin 400' e bir artışını göstermektedir. Bu iki değer aritmetik ortalaması alındığında "165" lik bir değer bulunmaktadır. Daha önce de belirtildiği gibi bu değer bir önceki gerilme değerinin artış miktarıdır. Dolayısıyla $D_D(kötü)_{%625}$ için gerilme miktarları saptanırken kullanılan $\sigma_D(kötü)_{%625}$ değeri 254 N/mm² olmaktadır.

Yukarıda excel tabloları verilen D_D (orta) $_{\%25}$ ve D_D (kötü) $_{\%25}$ Dizayn spektrumu sonuçlarına, D_D (iyi) $_{\%50}$ 'deki gibi katsayı hesaplama ve eğri uydurma yöntemlerini uygulanarak, 75,000 km değerine karşılık gelen Hasar ve Peak_valley& Level_Crossing ile elde edilen gerilme miktarı sayıları hesaplanmıştır. Tablo 5.7'de bu üç ayrı yol kalitesi için hesaplanan Dizayn Spektrumlarının ayrı ayrı ve toplam değerleri verilmiştir.

Tablo 5.7 D_D (iyi) $_{\%50}$, D_D (orta) $_{\%25}$, D_D (kötü) $_{\%25}$ ve toplam Dizayn Spektrumu Sonuçları

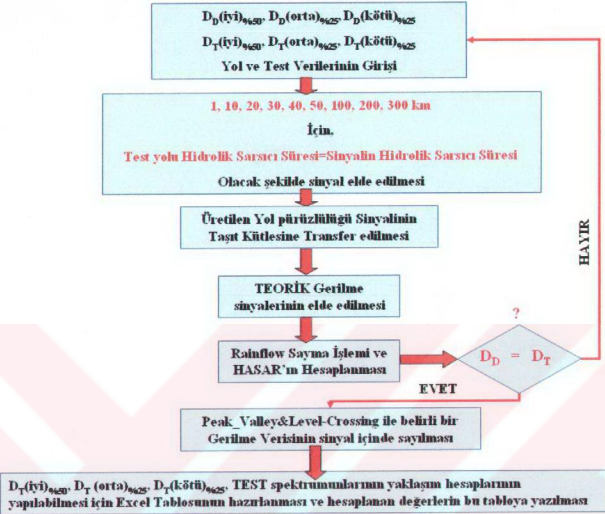
	DİZAYN SPEKTRUMU			TOPLAM
	D_D (iyi) $_{\%50}$	D_D (orta) $_{\%25}$	D_D (kötü) $_{\%25}$	D_D (iyi) $_{\%50} + D_D$ (orta) $_{\%25} + D_D$ (kötü) $_{\%25}$
Katedilen Yol (km)	150,000	75,000	75,000	300,000
Sinyalin Veri sayısı	230,400,000	172,800,000	246,900,000	650,100,000
Süre (Gün)	83.3	62.5	89.3	235
HASAR (Katsayı Yaklaşımı)	0.2588	1.3026	6.1428	7.7041
HASAR (Eğri Uydurma)	0.2516	1.2926	5.9341	7.4782
PK_VL&LV_CR (Katsayı Yaklaşım)	263,750	206,500	293,708	763,958
PK_VL&LV_CR (Eğri Uydurma)	252,685	206,767	286,850	746,302

Bu toplam dizayn spektrum sinyalinin 235 gün boyunca hidrolik sarsıcıda çalışması sonucunda 300,000 km ömüre karşılık bir yorulma elde edilecektir. Burada elde edilen HASAR'ın az veya çok miktarda olması, veya taşıtın bu Hasarda gerçekten hasara uğrayıp uğramıyacağı bu çalışmada tartışılmayacaktır. Sadece Test spektrumunun elde edilmesinde yardımcı bir faktör özelliği taşımaktadır.

5.2. Test Spektrumunun Oluşturulması

Test spektrumunun oluşturulma algoritması dizayn spektrumuna benzer şeklindedir. Dizayn spektrumunda üç yolkalitesinde her bir km'ye karşılık gelen HASAR değerlerinin, test spektrumunda bulunan değerlere eşit olması gerekmektedir. Bir başka deyişle D_D (iyi) $_{\%50} = D_T$ (iyi) $_{\%50}$, D_D (orta) $_{\%25} = D_T$ (orta) $_{\%25}$, D_D (kötü) $_{\%25} = D_T$ (kötü) $_{\%25}$ olmalıdır. Bu sebeple Şekil 5.7'deki işlem prosedürü ile Test spektrumu HASAR değerleri Dizayn Spektrumu HASAR'larına yaklaşık olarak eşitlenmeye çalışılmaktadır. Bu amaçla da Dizayn spektrumunun Tablo 5.1'deki değerleri sabit tutulmak suretiyle Test spektrumu verileri değiştirilerek istenilen km'ye karşılık gelen HASAR hesaplanmaya çalışılmaktadır. Hesaplama sırasında HASAR eşitliğini elde etmek amacıyla, Test spektrumunun artırılması gereken duruma doğru orantılı olarak genlik değerlerinin artırılması veya azaltılması gereken durumlarda ise, genlik değerlerinin azaltılması gereklidir. Bu sebeple araç test hızı (V_{test}) ve test yolu yol pürüzlülüğü spektrum yoğunluğu (Φ_{test}) değerlerinin artırılması gerekmektedir. Test yolu hidrolik sarsıcı süresinin, sinyalin hidrolik sarsıcı süresine eşitliği için ise

Fourier katsayısı(N_f) değerinin azaltılması gerekmektedir. Program editöründe görülen diğer değişken parametreler ise Dizayn spektrumdaki değerlerle aynı olmak şartıyla sabit kalacaktır(Yol verileri, Taşıt verileri, f_{mak} , f_{min} , Z , w_{test}).



Şekil 5.7 $D_T(iyi)_{\%50}$, $D_T(orta)_{\%25}$, $D_T(köttü)_{\%25}$ için izlenecek hesaplama yöntemi

Test spektrumu verileri hesap edilirken hızlandırma oranı “30” alınarak hesaplama yapılmaktadır. Şekil 5.7’deki hesaplama algoritması kullanılarak $D_T(iyi)_{\%50}$ için , Tablo 5.8’deki excel tablosunda görülen sonuçlar elde edilmiştir.

Tablo 5.8 $D_T(iyi)_{\%50}$ Test spektrumu Excel tablosu

YOL VERİLERİ										TEST VERİLERİ									
	V_{pi} (km/saat)	w_{pi}	Φ_{pi} (km^{-1})	I_{yol} (mm)	HASAR	PEAK VALLEY & LEVEL CROSSING	Sıyralı Völ. Sayısı	Sıyralı Höl. Say. Oranı (peak-dab-son)		V_{test} (km/saat)	w_{test}	Φ_{test} (km^{-1})	I_{test} (mm)	B	HASAR	PEAK VALLEY & LEVEL CROSSING	YOL Sıyralı Völümün Göreceli KATI		
1	75	2	2	1	0.00000101	1	1,520	0.0048		123.10	2	14	1	5.35	0.00000101	0	0		
2	75	2	2	10	0.000002120	20	15,360	0.0800		118.80	2	13.39	10	5.35	0.00002112	10	25		
3	75	2	2	20	0.000003620	32	30,720	0.1600		117.01	2	13.137	20	5.35	0.00003646	18	27		
4	75	2	2	30	0.000004949	52	46,080	0.2400		118.24	2	13.329	30	5.35	0.00004963	31	29		
5	75	2	2	40	0.000006766	57	61,440	0.3200		118.50	2	13.36	40	5.35	0.00006746	36	29		
6	75	2	2	50	0.000009563	89	76,800	0.4000		118.99	2	13.423	50	5.35	0.00009279	48	25		
7	75	2	2	100	0.000018246	194	153,292	0.1940		117.78	2	13.26	100	5.35	0.00018204	107	26		
8	75	2	2	200	0.000033142	329	307,192	0.2390		118.61	2	13.391	200	5.35	0.00033123	201	29		
9	75	2	2	300	0.000050798	507	460,800	0.0400		116.62	2	13.078	300	5.35	0.00050484	258	24		

HIZLANDIRILMIŞ TEST SONUÇLARI					FREKANS VERİLERİ				MALZEME VERİLERİ			
Test Yolu (mm)	Test Yolu Höl. Say. Oranı (peak-dab-son)	Sıyralı Höl. Say. Oranı (peak-dab-son)	Sıyralı Völ. Sayısı		f_{max}	f_{min}	N_f	Z	C_H (W/mm^2)	C_b	C_s	C_0
0.03	0.0002	0.0002	80		4	0.5	10	8	370	1	0.6	0.9
0.33	0.0010	0.0010	304		4	0.5	38	8	370	1	0.6	0.9
0.67	0.0020	0.0020	632		4	0.5	79	8	370	1	0.6	0.9
1	0.0030	0.0030	944		4	0.5	118	8	370	1	0.6	0.9
1.34	0.0041	0.0041	1,320		4	0.5	165	8	370	1	0.6	0.9
1.67	0.0052	0.0052	1,636		4	0.5	207	8	370	1	0.6	0.9
3.33	0.0142	0.0142	3,248		4	0.5	436	8	370	1	0.6	0.9
6.66	0.0322	0.0322	6,456		4	0.5	897	8	370	1	0.6	0.9
9.99	0.0509	0.0509	9,904		4	0.5	1,238	8	370	1	0.6	0.9

Bu tabloda D_T (iyi) $_{\%50}$ için Dizayn ve Test spektrumu verileri birlikte görülmektedir. Tablodan anlaşılaçağı üzere Test spektrumu HASAR değeri, belli bir test yolu araç hızı(V_{test}) ve yol pürüzlülüğü spektrum yoğunluğu(Φ_{test}) civarında elde edilmektedir.

Tablo 5.8'deki Peak-Valley&Level Crossing sonuçları, bu yol kalitesi için Dizayn spektrumundaki gibi σ_T (iyi) $_{\%50} = 92 \text{ N/mm}^2$ değerine göre hesaplanmıştır. “Yol sinyali verisine göre KATI” sütunundaki değerler, Dizayn ve Test spektrumundaki Peak-Valley&Level Crossing sonuçları ile veri sayıları arasındaki orana göre hesaplanmıştır. Örnek olarak 10 km için Test spektrumu sinyal veri sayısı 304, Peak-Valley&Level Crossing sayısı 10 dur. Aynı kilometrede Dizayn spektrumu yol verisi için bu değerler sırasıyla 15,360 ve 20 dir. Eğer Test spektrumu veri sayısı 15,360 olsaydı içersinde yaklaşık 505 adet Peak-Valley&Level Crossing değeri içericekti. Dolayısıyla dizayn spektrumundan 25 kat daha fazla veri ihtiva etmiş olacaktı.

D_T (orta) $_{\%25}$ test spektrumunda aynı şekilde hesaplanmış ve Tablo 5.9' daki sonuçlar elde edilmiştir

Tablo 5.9 D_T (orta) $_{\%25}$ Test spektrumu Excel tablosu

YOL VERİLERİ							TEST VERİLERİ									
V_{yol} (km/saat)	W_{yol}	Φ_{yol} (mm)	I_{pyol} (mm)	H A S A R	PEAK-VALLEY & LEVEL CROSSING	Sinyalın Veri Sayısı	V_{test} (km/saat)	W_{test}	Φ_{test} (mm)	I_{ptest} (mm)	B	H A S A R	PEAK-VALLEY & LEVEL CROSSING	TOL Sinyali maksimum Göre KATI		
1	50	2	8	1	0.0000212	2	2,288	00:01:12	62.30	2	38.32	1	5.35	0.00002115	2	23.8
2	50	2	8	10	0.0001799	27	23,040	00:12:00	39.47	2	36.19	10	5.35	0.00017953	18	24.6
3	50	2	8	20	0.0003463	43	46,080	00:24:00	60.59	2	37.16	20	5.35	0.00034642	30	25.4
4	50	2	8	30	0.0005345	76	69,120	00:36:00	60.58	2	37.13	30	5.35	0.00053442	54	25.8
5	50	2	8	40	0.0006965	100	92,160	00:48:00	60.45	2	37.00	40	5.35	0.00069709	72	25.9
6	50	2	8	50	0.0008979	122	115,200	01:00:00	58.46	2	35.35	50	5.35	0.00085655	80	23.0
11	50	2	8	100	0.0017539	293	230,400	02:00:00	60.11	2	36.74	100	5.35	0.00179511	202	24.9
12	50	2	8	200	0.0034622	506	460,800	04:00:00	58.46	2	35.35	200	5.35	0.0033045	384	26.6
13	50	2	8	300	0.0051757	840	691,200	06:00:00	60.21	2	36.83	300	5.35	0.00517567	628	27.0

HIZLANDIRILMIŞ TEST SONUÇLARI				FREKANS VERİLERİ				MALEZME VERİLERİ			
Test Yolu (mm)	Test Yolu Hızları Sıra (sant. dak. - cm)	Sinyalın Hızları Sıra (sant. dak. - cm)	Sinyalın Veri Sayısı	f_{max}	f_{min}	N_f	z	σ_k (N/mm ²)	C_k	C_s	C_ϕ
0.03	0:00:02	0:00:02	96	4	0.5	12	8	370	1	0.6	0.9
0.33	0:00:20	0:00:20	624	4	0.5	78	8	370	1	0.6	0.9
0.67	0:00:40	0:00:40	1,264	4	0.5	158	8	370	1	0.6	0.9
1	0:01:00	0:01:00	1,904	4	0.5	238	8	370	1	0.6	0.9
1.34	0:01:20	0:01:20	2,560	4	0.5	320	8	370	1	0.6	0.9
1.67	0:01:43	0:01:43	3,288	4	0.5	411	8	370	1	0.6	0.9
3.33	0:03:20	0:03:20	6,384	4	0.5	798	8	370	1	0.6	0.9
6.66	0:06:40	0:06:40	13,136	4	0.5	1,642	8	370	1	0.6	0.9
9.99	0:10:00	0:10:00	19,120	4	0.5	2,390	8	370	1	0.6	0.9

Tablo 5.9' daki Peak-Valley&Level Crossing değerleri için, aynı yol şartındaki Dizayn spektrumunda hesaplanan σ_T (orta) $_{\%25} = \sigma_D$ (orta) $_{\%25} = 154 \text{ N/mm}^2$ gerilme değeri kullanılmıştır.

D_T (iyi) $_{\%50}$, D_T (orta) $_{\%25}$ ve bundan sonra hesaplamaları yapılacak D_T (kötü) $_{\%25}$ Test spektrumunda, Dizayn spektrumundaki HASAR eşitlikleri adım adım hesaplanırken

oldukça sabırlı olunması gerekmektedir. Çünkü yüzlerce hesaplama yapılarak bu tablodaki eşitlikler sağlanmıştır. Ancak belli bir hız ve yol pürüzlülüğü spektrum aralığında istenilen HASAR eşitliği karşımıza çıkmaktadır. Bu sebeble hız ve yol pürüzlülüğü spektrum yoğunluğunu kaba olarak tespit ettikten sonra, istenen HASAR eşitliğindeki hassasiyete getirmek için, ondalık ve yüzdelik olarak değerlerin yavaş yavaş artırılıp azaltılması gerekmektedir. Bunun sebebi pürüzlülük genliklerinin veya bu genliklere karşı gelen gerilme genliklerinin değişmesi ve HASAR hesaplamasında malzemenin Wöhler eğrisindeki “ σ_A ” ve “ σ_{B2} ” aralığına girip çıkmalarından kaynaklanmaktadır.

Tablo 5.10’da D_D (kötü) %25 Dizayn spektrumu için hesaplanan D_T (kötü) %25 Test spektrumu sonuçları görülmektedir.

Tablo 5.10 D_T (kötü) %25 Test spektrumu Excel tablosu

YOL VERİLERİ										TEST VERİLERİ									
	V_{yol} (km/saat)	W_{yol}	Φ_{yol} (cm)	I_{yol} (cm)	HASAR	PEAK_VALLEY & LEVEL CROSSING	Sıyılın Vaci Sayısı	Sıyılın Hd.Sar.Sıra (km².km/saat)		V_{test} (km/saat)	W_{test}	Φ_{test} (cm)	I_{test} (cm)	B	HASAR	PEAK_VALLEY & LEVEL CROSSING	YOL Sıyılı verisine Göre KATI		
1	35	2	32	1	0.0000682	8	3,288	00:01:43		30.02	2	92.86	1	5.35	0.0000307	2	6		
2	35	2	32	10	0.000718	38	32,920	00:17:09		29.40	2	89.87	10	5.35	0.0007176	12	8		
3	35	2	32	20	0.0021927	83	65,816	00:34:17		29.82	2	91.38	20	5.35	0.00220833	36	11		
4	35	2	32	30	0.0022259	111	98,744	00:51:26		29.54	2	90.07	30	5.35	0.00215522	49	11		
5	35	2	32	40	0.0032883	178	131,632	01:08:34		30.04	2	92.47	40	5.35	0.00327454	52	8		
6	35	2	32	50	0.0037166	192	164,568	01:25:43		30.61	2	94.92	50	5.35	0.00372452	72	10		
7	35	2	32	100	0.0087305	408	329,144	02:51:26		29.56	2	90.55	100	5.35	0.0087545	187	12		
8	35	2	32	200	0.0158363	765	658,256	05:42:51		29.83	2	91.63	200	5.35	0.0158158	340	11		
9	35	2	32	300	0.023976	1,153	987,432	08:34:17		30.05	2	92.56	300	5.35	0.0238873	500	11		

HIZLANDIRILMIŞ TEST SONUÇLARI					FREKANS VERİLERİ				MALZEME VERİLERİ			
Test Yolu (km)	Test Yolu Hd.Sar.Sıra (km².km/saat)	Sıyılın Hd.Sar.Sıra (km².km/saat)	Sıyılın Vaci Sayısı		f_{max}	f_{min}	N_f	z	σ_g (N/mm²)	C_L	C_S	C_E
0.03	0.00:04	0.00:04	144		4	0.5	18	8	370	1	0.6	0.9
0.33	0.00:41	0.00:41	1,304		4	0.5	163	8	370	1	0.6	0.9
0.67	0.01:21	0.01:21	2,592		4	0.5	324	8	370	1	0.6	0.9
1.01	0.02:03	0.02:03	3,936		4	0.5	492	8	370	1	0.6	0.9
1.34	0.02:40	0.02:40	5,112		4	0.5	639	8	370	1	0.6	0.9
1.67	0.03:16	0.03:16	6,280		4	0.5	785	8	370	1	0.6	0.9
3.33	0.06:45	0.06:45	12,960		4	0.5	1,620	8	370	1	0.6	0.9
6.67	0.13:25	0.13:25	25,760		4	0.5	3,220	8	370	1	0.6	0.9
10	0.19:58	0.19:58	38,336		4	0.5	4,792	8	370	1	0.6	0.9

Hızlandırma oranının istenilen mertebede olup olmadığının kontrolünün yapılabilmesi için Peak-Valley&Level Crossing yöntemiyle daha önce hesap edilen $\sigma_T(\text{kötü})_{\%25} = \sigma_D(\text{kötü})_{\%25} = 254 \text{ N/mm}^2$ değeri, Tablo 5.10’daki sinyaller içerisinde aratılmış ve bunun neticesinde bu tablo doldurulmuştur.

Yukarıda excel tabloları verilen D_T (iyi) %50 , D_T (orta) %25 ve D_T (kötü) %25 Test spektrumu sonuçlarına, D_D (iyi) %50’deki gibi katsayı hesaplama ve eğri uydurma yöntemlerini uygulanarak, sırasıyla 150,000 ve 75,000 km’lere karşılık gelen HASAR ve Peak_valley&Level_Crossing ile elde edilen gerilme miktarı sayıları

hesaplanmıştır. Tablo 5.11’de bu üç ayrı yol kalitesi için hesaplanan Test Spektrumlarının ayrı ayrı ve toplam değerleri verilmiştir. Burada görüleceği üzere, 235 günlük Dizayn spektrumuna karşılık gelen hızlandırılmış Test spektrumu sinyali 7 gün boyunca hidrolik sarsıcıda çalışması sonucunda 300,000 km ömüre karşılık gelen bir yorulma elde edilmektedir.

Tablo 5.11 D_T (iyi)_{%50}, D_T (orta)_{%25}, D_T (kötü)_{%25} ve Toplam Test Spektrumu Sonuçları

	TEST SPEKTRUMU			TOPLAM
	$D_T(\text{iyi})_{\%50}$	$D_T(\text{orta})_{\%25}$	$D_T(\text{kötü})_{\%25}$	$D_T(\text{iyi})_{\%50} + D_T(\text{orta})_{\%25} + D_T(\text{kötü})_{\%25}$
Katedilen Yal(km)	150,000	75,000	75,000	300,000
Sinyalin Veri sayısı	4,560,000	4,680,000	9,780,000	19,020,000
Süre (Gün)	1.7	1.7	3.6	7
HASAR (Katsayı Yaklaşımı)	0.2580	1.2931	6.1562	7.7073
HASAR (Eğri Uydurma)	0.2505	1.2779	5.9613	7.4897
PK_VL&LV_CR (Katsayı Yaklaşım)	146,750	150,833	130,917	428,500
PK_VL&LV_CR (Eğri Uydurma)	134,673	155,740	127,107	417,520
PK_VL&LV_CR göre Hız. Oran(Kat.Y.)	28.11	27.0	11.3	22.14
PK_VL&LV_CR göre Hız. Oran(Eğri U.)	26.92	27.8	11.2	21.97

D_T (iyi)_{%50} Test spektrumunda 150,000 km için, katsayı yaklaşımına göre bulunan gerilme miktarı değerleri, Dizayn spektrumundaki katsayı yaklaşımıyla bulunan değerle oranlandığında bu değer “28.11” olarak bulunmaktadır ($230,400,000 \times 146,750 / 4,560,000$) / 263,750 = 28.11). Eğri uydurma yöntemi için ise “26.92” hesaplanmaktadır ($230,400,000 \times 134,673 / 4,560,000$) / 252,685 = 26.92). Burada yol sinyali verisinin katı olarak ifade edilen bu değerler, test spektrumu sinyallerini üretirken kullanılan hızlandırma oranı değerlerdir. Hesaplama da bu oranın daha önce “30” olarak alındığı belirtilmişti. Buradan da anlaşılacağı üzere D_T (iyi)_{%50} için testi yaklaşık bu oranda hızlandırdığımız sonucu ortaya çıkmaktadır.

D_T (orta)_{%25} Test spektrumunda 75,000 km için hızlandırma oranı D_T (iyi)_{%50} deki gibi hesaplanırsa katsayı yaklaşımına göre “27” ve eğri uydurma yöntemine göre ise “27.8” olarak elde edilmektedir.

D_T (orta)_{%25} Test spektrumunda hızlandırma oranı katsayı yaklaşım yöntemine göre “11.3” ve eğri uydurma yöntemine göre ise “11.2” olarak hesap edilmiştir. Hızlandırma oranı bu test spektrumunda yaklaşık olarak “11” civarında bulunmuştur. Yaklaşık olarak hesaplanan 254 N/mm² değeri biraz daha büyük mertebede alınmak suretiyle, işlemler hem Dizayn spektrumu hem de Test spektrumu için tekrar edilmesi sonucunda bu değer “25 ile 30” mertebelerine geleceği tesbit edilmiştir. Hızlandırma oranının düşük çıkması daha önce bahsedildiği gibi Dizayn spektrumu ile Test spektrumu arasındaki, aranan gerilme değerinin oluşturduğu yığılmadan kaynaklanmaktadır. Dolayısıyla bu da yaklaşık olarak hesaplanan 254 N/mm² değerinin biraz daha artırılarak hızlandırma oranının aranması gerektiğini göstermek-

tedir. Bölüm 5.3’de Dizayn ve Test spektruma ait genlik değerlerinin maksimum ve minimum miktarları grafik ve tablo halinde verilmiştir.

5.3. Hidrolik Sarsıcıda Çalınacak Toplam Test Sinyallerinin Oluşturulması

Taşıtın toplam 300,000 km’ye karşılık gelen Dizayn ve Hızlandırılmış Test spektrumu Hasar değerleri, süreleri, Peak-Valley&Level Crossing ve hızlandırma oranları Tablo 5.12’de görülmektedir. Bu tabloda “I” ile katsayı hesaplama, “II” ile de eğri uydurma yaklaşım sonuçları verilmiştir. Buradan da anlaşılabacağı üzere Dizayn ve Hızlandırılmış Test spektrumu Hasar denkliği gerek katsayı yaklaşımı ve gerek se eğri uydurma yöntemiyle sağlanmıştır. Hasar değerlerinin yüksek olması daha önceden de bahsedildiği gibi hesaplarda karşılaştırma amacıyla kullanıldığı için malzemenin hasar görüp görmeyeceği farklı bir çalışma konusunu ortaya çıkarmaktadır. Ayrıca bu değerlerin bu derece yüksek çıkması Şekil 4.11’de görüleceği üzere teorik gerilme hesaplanırken, taşıtın şasisine uygulanan kuvvete en uzak iki kesitin gerilmelerinin toplamı alınarak maksimum gerilmenin hesaplanmış olmasıdır. Bunun sebebi ise şasinin genlik-kuvvet verilerini elde ederken, şasinin kuvvet uygulanan noktasının bu kesitlere bağlı olmasıdır. Dolayısıyla uygulanan kuvvet ve oluşan deplasman bu kesitlerdeki gerilmeler ile orantılı olmaktadır. Sonuç olarak şasinin herhangi bir kesitindeki Hasar yukarıdaki toplam hasar değerinden daha düşük olacaktır.

Tablo 5.12 Taşıtın toplam 300,000 km’ye karşılık gelen Dizayn ve Hızlandırılmış Test spektrumu Hasar değerleri

	TOPLAM DİZAYN SPEKTRUMU (D_D)			TOPLAM HIZLANDIRILMIŞ TEST SPEKTRUMU (D_T)			
	$D_D(fiyi)_{u25} + D_D(orta)_{u25} + D_D(kötü)_{u25}$			$D_T(fiyi)_{u25} + D_T(orta)_{u25} + D_T(kötü)_{u25}$			
	HASAR	PK_VL.&LV_CR	SÜRE(Gün)	HASAR	PK_VL.&LV_CR	HIZLANDIRMA ORANI	SÜRE(Gün)
I	7.704	763,958	235	7.707	428,500	22.1	7
II	7.478	746,301	235	7.489	417,519	22	7

Toplam Test spektrumu sinyalinin hidrolik sarsıcıda çalınacak şekilde elde edilebilmesi için ; her bir test spektrumunun belli bir kilometresinde, örneğin 50 km ’sinde meydana getirilen ve taşıta transfer edilen yol pürüzlülüğü sinyallerinin istediğimiz zaman boyutunda çalınması gerekmektedir. Tablo 5.13’de yukarıda üretilen $D_T(iyi)_{\%50}$, $D_T(orta)_{\%25}$ ve $D_T(kötü)_{\%25}$ test spektrumlarının, 50 km’de elde edilen yol pürüzlülüğü sinyali için, 300,000 km ömüre karşılık gelen hidrolik sarsıcı’daki çalınma sayıları görülmektedir.

Tablo 5.13 50 km'deki Test Spektrum sinyallerine göre, 300,000 km'lik ömür için hidrolik sarsıcısındaki çalınma sayıları

$D_T(iyi)_{\%50}$		$D_T(orta)_{\%25}$		$D_T(kötü)_{\%25}$		Toplam = $D_T(iyi)_{\%50} + D_T(orta)_{\%25} + D_T(kötü)_{\%25}$			
Çevrim Sayısı	Süre(s)	Çevrim Sayısı	Süre(s)	Çevrim Sayısı	Süre(s)	TOPLAM Çevrim Sayısı	TOPLAM Süre(s)	TOPLAM Süre(saat)	TOPLAM Süre(gün)
1	52	1	103	1	196				
2,885	150,000	1,456	150,000	1,569	307,500	5,910	607,500	168.75	7

Tablo 5.13'de görülen test spektrumu sinyal çevrim sayılarını azaltmak için kilometre değerini yükselterek çevrim süresini uzatmak mümkündür. Örneğin 200 km'ye karşılık gelen sinyal için, çevrim süresi 4 kat azayacağından çevrim sayılarda 4 kat azalacaktır. Tablo 5.14'te 200 km'lik test spektrum sinyallerine karşılık gelen çevrim sayıları görülmektedir. Farklı test spektrumları için farklı kilometreler seçilip kullanılabilir olduğu buradan anlaşılabilmektedir. Ayrıca çevrimlerin belli periyodik aralıklarla veya karışık şekilde hidrolik sarsıcıda çalınması mümkün olabilmektedir.

Tablo 5.14 200 km'deki Test Spektrum sinyallerine göre, 300,000 km'lik ömür için hidrolik sarsıcısındaki çalınma sayıları

$D_T(iyi)_{\%50}$		$D_T(orta)_{\%25}$		$D_T(kötü)_{\%25}$		Toplam = $D_T(iyi)_{\%50} + D_T(orta)_{\%25} + D_T(kötü)_{\%25}$			
Çevrim Sayısı	Süre(s)	Çevrim Sayısı	Süre(s)	Çevrim Sayısı	Süre(s)	TOPLAM Çevrim Sayısı	TOPLAM Süre(s)	TOPLAM Süre(saat)	TOPLAM Süre(gün)
1	202	1	400	1	805				
743	150,000	375	150,000	382	307,500	1,500	607,500	168.75	7

Dizayn ve hızlandırılmış Test spektrumu yol pürüzlülüğü genlik değerlerinin maksimum ve minimum olarak karşılaştırması amacıyla, örnek olarak 50 km sinyal değeri için, Tablo 5.15'teki sonuçlar bulunmuştur. Bu değerler ön sol tekerleğe ait olup dizayn ve test spektrumu yol pürüzlülüğü maksimum ve minimum genlik değerleri, her kilometre için de yaklaşık olarak aynı mertebeler de kalmaktadır. Ayrıca Dizayn veya Test spektrumunun iyi, orta ve kötü yollardaki maksimum ve

Tablo 5.15 50 km'deki yol pürüzlülüğü genliklerinin Dizayn ve Test Spektrum sonuçları

	DİZAYN SPEKTRUMU			TEST SPEKTRUMU		
	$D_D(iyi)_{\%50}$	$D_D(orta)_{\%25}$	$D_D(kötü)_{\%25}$	$D_T(iyi)_{\%50}$	$D_T(orta)_{\%25}$	$D_T(kötü)_{\%25}$
VERİ	76,800	115,200	164,568	1,656	3,288	6,280
Maksimum(mm)	14.22	26.5	42.6	32.13	39.5	54.31
Minimum(mm)	-14.32	-25.17	-37.38	-30.76	-40.28	-47.82
RMS	3.79	6.19	10.37	13.42	14	16.32

minimum genliklerini göstermekte olup, Test spektrumu genlik değerlerinin artışı görülebilmektedir. Bu tabloda $D_D(iyi)_{\%50}$ 'den $D_D(orta)_{\%25}$ 'ye geçişte yol pürüzlülüğünden oluşan genlik değerlerinin %86 oranında arttığı, $D_D(orta)_{\%25}$ 'den $D_D(kötü)_{\%25}$ 'ye geçişte bu değer %60 olduğu anlaşılmaktadır. Bu artış miktarı test spektrumu değerleri için; $D_T(iyi)_{\%50}$ 'den $D_T(orta)_{\%25}$ 'ye geçiş %23, $D_T(orta)_{\%25}$ 'den $D_T(kötü)_{\%25}$ 'ye geçiş %38 olmaktadır. Dolayısıyla dizayn spektrumu oluşturulurken genlik değerlerinin artış yüzdesi test spektrumunkinden daha yüksek çıktığı görülmüştür. Dizayn spektrumundan test spektrumuna geçişte genlik değerlerinin artış yüzdeleri ise; $D_D(iyi)_{\%50}$ 'den $D_T(iyi)_{\%50}$ 'ye geçişte % 126, $D_D(orta)_{\%25}$ 'den $D_T(orta)_{\%25}$ 'ye geçişte %49 ve son olarak da $D_D(kötü)_{\%25}$ 'den $D_T(kötü)_{\%25}$ 'ye geçiş ise %27 olarak görülmüştür. Buradan anlaşılabileceği üzere hızlandırılmış test spektrumundan elde edilen genlik değerlerinin, yol şartının kötüleşmesiyle artış yüzdelерinin düştüğüdür. Bununla birlikte sinyal veri sayılarının bu artış yüzdeleriyle ters orantılı olduğu görülmektedir. Bir başka değişle, yüksek artış yüzdesinin olduğu iyi yol şartında, bu dizayn spektrumuna karşılık üretilen test spektrumu sinyal veri sayısı az, fakat düşük genlik artış yüzdesinin olduğu kötü yol şartı için veri sayısı fazla olmaktadır. Ayrıca bu tabloda belli bir istatistiki değeri gösteren RMS değerlerinin, genlik değerlerinin artışıyla arttığı anlaşılmaktadır.

6. SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu tezden çıkabilecek sonuçlar ve öneriler aşağıdaki şekilde ifade edilmeye çalışılmıştır.

- Tezin giriş bölümünde belirtildiği gibi, ilk etapta otomotiv sektörünün araştırma geliştirme çalışmalarını hızlandırmak ve daha düşük maliyetlerle istenilen sonuçlara ulaşmak amaçlanmıştır. Bu sebeble böyle bir çalışma taşıt geliştirme projelerine destek verecektir.
- Hızlandırılmış ömür testine tabi tutulan araçlarda görülen aksaklıklar, yaylar, amortisörler, profiller, karoseri, motor takozları, bağlantı elemanları, kaynak dikişleri ve araç üzerinde bulunan bir çok parçanın titreşim deformasyonuna karşı analizi kısa sürede yapılmak suretiyle, önleminin hemen alınması sonucunda aracın kısa sürede geliştirilip piyasaya çıkması açısından oldukça önemli olmaktadır.
- Nevada Otomotiv Test merkezinde geliştirilen hızlandırılmış test yolu bağıntısı kullanılarak hızlandırılmış test yolu mesafesi hesaplanmış ve bundan sonra bu yola karşılık gelen eşdeğer teorik yol pürüzlülüğü sinyalleri geliştirilen hızlandırılmış ömür testi programıyla elde edilmiş ve birtakım ara işlemlerden sonra Hasar değeri hesaplanmıştır. Bu bağıntıdan hesaplanan yol mesafesine göre, teorik olarak hesaplanan yol pürüzlülüğü sinyalleri ve bunların hasar değerlerinin bulunması bu çalışmanın getirdiği yeni bir yaklaşım olmaktadır. Böylelikle üretilen Dizayn spektrumu veya gerçek yol sinyallerinin Hasar etkisine denk, arzu edilen bir hızlandırma oranında Test spektrumu sinyalleri elde edilmiş olmaktadır.
- Literatürde, genel yorulma hesaplama yöntemi kullanılarak yapılan testler mevcuttur. Fakat yapılan bu testlerde hesaplama adımları ayrı ayrı ele alındığı için işlemler daha karmaşık hale gelebilmektedir. Bilgisayar programıyla desteklenen böyle bir akademik çalışma ilk kez yapılmıştır. Başka bir deyişle dizayn spektrumu olarak ifade edilen teorik yol pürüzlülüğü sinyallerinin yol standartları kullanılarak, yazılan hızlandırılmış ömür testi programıyla elde edilmesi ve bu sinyallere karşılık gelen hızlandırılmış test için gerekli test spektrumlarının oluşturulması, dolayısıyla geliştirilmiş olan bu algoritma, tezin laboratuvar ortamında taşıt ömür testlerine getirdiği yeni bir boyuttur.
- Nevada otomotiv test merkezinde geliştirilmiş hızlandırılmış test yolu bağıntısındaki, yol pürüzlülüğü spektrum yoğunluğunun hesaplamasında, belli bir

hassasiyet baz alınmak suretiyle olaya daha gerçekçi bir yaklaşım getirilmiştir. Şekil 3.4'teki hesaplamanın gösterildiği akış şemasına bakılırsa, buradaki spektrum hassasiyetin fourier katsayısına göre değiştiği görülecektir. Aslında, Yol pürüzlülüğü genliklerinin hesaplanması (şekil 3.6) baz alınmak suretiyle böyle bir yaklaşım düşünülmüştür.

- Hızlandırılmış ömür testi programında, programın geliştirilmesi ve bir çok parametre değiştirilmek suretiyle farklı yaklaşımlar sergilenmesi ve bunun neticesinde değişik tez konuları oluşturulması açısından, veri giriş parametreleri değişken tutulmuştur.
- Bölüm 5'te kullanılan katsayı hesaplama ve eğri uydurma yaklaşımları ile bulunan değerlerin yaklaşık olarak birbirlerine denk olduğu görülmüştür. Bu sebeble bu yaklaşımlardan herhangi birisinin bu tür hesaplamalarda kullanılabileceği anlaşılmaktadır.
- Tablo 5.12'de görülen Dizayn ve Test spektrumu toplu sonuçlardan anlaşılaacağı üzere, Dizayn ve Test spektrumunu oluşturan iyi, orta ve kötü yol koşullarının yorulma etkilerinin denkliği sağlanmak suretiyle öngörülen hızlandırma oranında test süresi kısaltılmıştır. Katsayı ve eğri uydurma yöntemleri ile bulunan Hasar ve diğer değerlerin hemen hemen birbirine denk sonuçlar olduğu görülmüştür. Dolayısıyla bu yöntemlerden birisi ile hesaplanacak dizayn veya test spektrumu sonuçlarının kullanılması yeterli olacaktır. Bu tabloda hızlandırma oranı "22" mertebelerinde olduğu görülmektedir. Hızlandırılmış sinyalin öngerilen oranda hızlandırılıp hızlandırılmadığının kontrolü için kullanılan Peak_Valley&-Level_Crossing yöntemiyle bulunan sonuçlara göre, ortalamayı düşüren değerler Tablo 5.11'de kötü yol şartı olduğu görülmektedir. Fakat bu oranın kötü yol şartı için aranacak gerilme değerinin belli bir miktar yükseltilerek hem Dizayn hem de test spektrumunda tekrardan aratılması sonucunda yükseldiği tesbit edilmiştir. Nitekim bu aratılan gerilme genliği değeri bölüm 5'te anlatıldığı gibi yaklaşık olarak hesaplanmıştır.
- Tablo 5.13 ve 5.14'teki sonuçlar taşıtın laboratuvar ortamına uygulanacak sinyal değerlerinin öngörülen çevrim sayılarına göre ayarlanabildiğini göstermektedir. Buna göre 200 km'deki çevrim sayısı değerleri 50 km'deki çevrim sayısı değerlerinden yaklaşık dört kat daha az olmaktadır. Dolayısıyla 200 km'deki sinyallerin süresinin uzadığı, hidrolik sarsıcıda çalışacak çevrim adedinin düştüğü ve buna nazaran toplam sürenin her iki km'de de eşit kaldığı görülmektedir.
- Üretilen hızlandırılmış test spektrumu yol sinyalleri, dizayn spektrumuna karşılık gelen hasar çeşitlikleri sağlanmak suretiyle oluşturulmuştur. Buradaki hasar değerinin büyüklüğü sadece bu iki spektrumun denkliğini sağlamak amacıyla

kullanılmıştır. Dolayısıyla taşıt üzerinde, gerek yorulmanın karşılaştırılmasının yapıldığı şasinin ve gerek se taşıt üzerinde bulunan parçaların hasar görüp görmeyeceğini göstermemektedir. Hasarın saptanması ancak üretilen sinyallerin deneysel ortamda bir taşıt üzerinde denenmesiyle gerçekleştirilebilmektedir. Bu amaçla, İ.T.Ü. Makina Fakültesi Otomotiv Anabilim dalına ait Motorlar ve Taşıtlar laboratuvarlarında, Türkiye’de üretilen bir ağır vasıta taşıtı için yapılan hızlandırılmış ömür deneyinde, çeşitli test yollarında kayıt edilen sinyallerin hızlandırılmasıyla elde edilen test spektrumu sinyallerinin genlik değerleri incelenmiş ve bu değerlerin yazılan bilgisayar programıyla elde edilen genlik değerlerine yaklaşık veriler olduğu görülmüştür. Gizlilik gereği bu sinyaller ile ilgili herhangi bir veri tezde verilememiştir. Dolayısıyla, hızlandırılmış ömür testi programı kullanılmak suretiyle, belli kalitedeki yol standartlarından faydalanarak elde edilen dizayn spektrumu sinyallerine karşılık gelen hızlandırılmış test spektrumu sinyallerinin, bir taşıtın ömür testlerinde kullanılabileceğinin bir göstergesi olmaktadır.

- Tezde sol ön tekerlek izi baz alınmak suretiyle yol pürüzlülüğü titreşimleri üretilmiş ve koherans fonksiyonu yardımıyla sağ tekerlekteki değerler de elde edilmiştir. Fakat dizayn ve test spektrumları üretilirken taşıt verisi olarak gözüken bu değerler sabit alınmıştır. Koherans fonksiyonu parametreleri değiştirilmek suretiyle, sinyal ve hasar değişimlerinin incelenmesi bu çalışmanın kapsamı dışında tutulmuştur.
- Yol pürüzlülüğü genliklerinin taşıta transfer edilmesi sırasında, taşıt ve tekerleğin kütleleri, yay ve amortisör sönümleme katsayıları ve bu değerlerin değişimlerinin sinyal genlik, gerilme ve hasar değerlerini nasıl etkileyeceğinin incelenmesi, farklı bir araştırma konusunu teşkil etmektedir.
- Hızlandırılmış ömür testi programı kullanılarak, Dizayn ve Test spektrumlarının denkliğini bulmak amacıyla elde edilen hasar değerleri, deneysel yapılacak çalışmalar sonucunda taşıtta hasar oluşum mertebelerinin belirlenmesi ve bu değerlerin karşılaştırılması açısından oldukça faydalı olacaktır.
- Hızlandırılmış ömür testi programı, yorulma konusu üzerine çalışacak diğer araştırmacılara ışık tutması açısından geliştirilebilecek şekilde tasarlanmıştır. Örneğin bir taşıt aks sistemindeki yorulma, veya farklı bir taşıt parçasının yorulmasının direkt olarak incelenmesi amacıyla, programın teorik gerilme modülünün yazılımının, deneyi yapılacak sisteme göre değiştirilmesiyle teorik gerilme hesaplarını yapmak mümkün olmaktadır.
- Tez çalışmasında, yol ve test verisi değerlerinin bazıları sabit tutulmak suretiyle sinyaller üretilmeye çalışılmıştır. Bu parametrelerin kendi aralarındaki

değişimlerinin sinyallere nasıl yansıdığının ve dolayısıyla hasar değerinin bu değişimlerden nasıl etkilendiğinin araştırılması bu aşamada tez konusu dışında tutulmuştur.

- Program 1,000,000 veri boyutuyla sınırlandırılmıştır. Fakat istenildiği zaman yazılım içersine mudehale edilip bu değer azaltılıp çoğaltılabilmektedir. Fakat daha önceden de belirtildiği gibi bilgisayar performansı ve hesaplarda kullanılan işlem verisi açısından yeterli görüldüğü için, bu değer yeterli görülmüştür.



KAYNAKLAR

- [1] **Sonsino, C. M.**, 1997. Fatigue Design & Testing İstanbul,TURKEY, April 29-30
- [2] **Mitschke, M.**, 1997. Dynamik der Kraftfahrzeuge Band B: Schwingungen, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, GERMANY
- [3] **Spiegel, M. R.**, 1968. Mathematical Handbook of Formulas an Tables. Schaum's Outline Series McGRAW-HILL Book Company, Newyork.
- [4] **Conle, A., Grenier, G., Johnson, H, Kemp, S.**,1997. SAE Fatigue Design Handbook, AE-22, Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, U.S.A.
- [5] **Wright, D. H.**, 1993. Testing Automotive Materials and Components, Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, U.S.A.
- [6] **Juvinall, R. C.**, 1983. Fundamentals of Machine Component Design, John Wiley & Sons, Inc., Newyork.
- [7] **Marquis, G., Solin, J.**, 1999. Fatigue Design and Reliability, ESIS Publication 23, Elsevier, Amsterdam.
- [8] **Issler, L.**, 1999. Advanced Concepts for Fatigue Analysis of Car Structures, University of Applied Sciences, Esslingen.
- [9] **Onaran, K.**, 1985. Malzeme Bilimi, İTÜ, Çağlayan Basımevi, İstanbul, Türkiye.
- [10] **Conway, J. B., Sjødahl, L. H.**, 1991. Analysis an Representation of Fatigue Data, Mar-Test Inc. Cincinnati, Ohio.
- [11] **Bargel, H. J., Schulze, G.**, 1985. Malzeme Bilgisi Cilt I, Çeviri, Tübitak, TÜGAM Matbaası,Gebze, İstanbul.
- [12] **Wong, J. Y.**, 1993. Theory of Ground Vehicles, A Willey-Interscience Publication, John Willey & Sons, Inc., Newyork.
- [13] **Zahavi, E., Torbilo, V.**, 1996. Fatigue Design Life Expectancy of Machine Parts, A Solomon Press Book, CRC Press, Boca Raton.
- [14] **Karakoç, M.**, 1986. Mühendislik ve Matematikte Basic ile Akış Diyagramlı 90 Program. Yıldız Teknik Üniversitesi, Teknik Kitaplar Yayınevi, Matbaa Teknisyenleri Koll. ŞTİ., İstanbul.
- [15] **Gurewich, G., Gurewich, O.**, 1997. Teach Yourself Visual Basic 5 in 21 Days Forth Edition, SAMS Publishing, Indianapolis, USA.
- [16] **Biran, A., Breiner, M.**, 1999. MATLAB 5 For Engineers, Addison-Wesley, Harlow, England.

- [17] **Ereke, İ. M.**, 2002. Taşıt Ömür Testlerinde Yol Datası Kullanımı, *Otomotiv Teknolojileri Kongresi*, OTEKON 2002, Bursa, 24-26 Haziran.
- [18] **Gillespie, T. D.**, 1992. Fundamentals of Vehicle Dynamics, Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, U.S.A.
- [19] **Kayan, İ.**, 1987. Cisimlerin Mukavemeti, İTÜ Matbaası, Gümüşsuyu, İstanbul.
- [20] **Akkurt, M., Kent, M.**, 1979. Makina Elemanları Birinci Cilt, Birsen Kitabevi Yayınları, ÖR Matbaası, İstanbul.
- [21] **Gillespie, T. D.**, 1992. Fundamentals of Vehicle Dynamics, Society of Automotive Engineers, Inc., Warrendale, U.S.A.
- [22] **Fausett, V. L.**, 1999. Applied Numerical Analysis Using Matlab, University of South Carolina, Aiken
- [23] **Yay, K., Ereke, İ. M.**, 2001. Fatigue Strength of a Rim Model with FEM Using a New Approximation Technique, *Automotive and Transportation Technology Congress and Exhibition, SAE*, Barcelona, Spain, October 1-4, 2001
- [24] **Anthes, R. J.**, 1997. Modified Rainflow Counting Keeping the Load Sequence, Elsevier Scien. Ltd., *Int. Journal of Fatigue* Vol.19, No.7, pp.529-535.
- [25] **Ashmore, S. C., Piersol, A. G., Witte, J. J.**, 1992. Accelerated Service Life Testing of Automotive Vehicles on a Test Course, *Swets & Zeitlinger, Vehicle system Dynamics* Vol.21, No.2, pp. 89-108.
- [26] **Witte, J. J., Ashmore, S. C., Piersol, A. G.**, 1993. Accelerated Service Life Testing Conducted with an Automotive Vehicle on a Test Course, *Institute of Environmental Sciences Proceedings*, pp. 134-146.
- [27] **Epps, J. A., Leahy, R. B., Mitchell, T., Ashmore, S.C.**, 1999. Westrack- The Road to Performance-Related Specifications, *International Conference on Accelerated Pavement Testing*, Reno, NV, October 18-20.
- [28] **Dowling, N. E.**, 1996. Estimating Fatigue Life, *Fatigue Strength Prediction and Analysis*, pp. 250-262
- [29] **Mitchell, M. R.**, 1996. Fundamentals of Modern Fatigue Analysis for Design, *Fatigue Strength Prediction and Analysis*, pp. 227-249
- [30] **Todinov, M. T.**, 2001. Necessary and Sufficient Condition for Additivity in the Sense of Palmgren-Miner Rule, *Computational Materials Science*, pp. 101-110
- [31] **Grubisic, V.**, 1994. Determination of Load Spectra for Design and Testing, *International Journal of Vehicle Design*, vol. 15, Nr. ½, pp. 8-26.

- [32] **Garg, H.,K.,** 1998. Digital Signal Processing Algorithms : Number Theory, Convolution, Fast Fourier Transforms, and Applications, CRC Press, Boca Raton.
- [33] **Petrucci, G., Zuccarello, B.,**1999. On the Estimation of the Fatigue Cycle Distribution from Spectral Density Data, *Proc. Instn. Mech. Engrs*, vol. 213, part.C, pp. 819-831.
- [34] **Özlü, F.,** ,1994. Taşıt Titreşim Analizi, *Doktora Tezi. İ.T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.*
- [35] **El-Sayed, M. E. M., and Lund, E. H.,** 1994. An Efficient Approach for Considering Durability Schedules in Structural Optimization of Ground Vehicles, *SAE Technical Paper Series, Int. Congress & Exposition*, Detroit, Michigan, February 28 – March 3, 940252.
- [36] **Nagpal, R., Kuo, E. Y.,** 1996. A Time-Domain Fatigue Life Prediction Method for Vehicle Body Structures, *SAE Technical Paper Series, Int. Congress & Exposition*, Detroit, Michigan, February 26-29, 960567.
- [37] **Schluter, L. L., Sutherland, H. J.,** 1991. User's Guide for Life2's Rainflow Counting Algorithm, Sandia National Laboratories, California.
- [38] **Issler, L., Ruaß, H., Häfele, P.,** 1997. Festigkeitslehre, Grundlagen, 2. Auflage Springer Verlag.
- [39] **Somat DataXplorer,**1999. SoMat DataXplorer/EASE Version 3 Help Contents, Somat Corp.USA.
- [40] **Palm,W.J.,** 1999. MATLAB for Engineering Applications, WCB / McGraw-Hill, III Boston.

EK-A

Sub testyolhesapla()

'Yol Pürüzlülüğü Hesaplamalarının yapılması

Const pi = 3.14159265

'Verilerin Fmyoltestdatasomuc formundan alınması

```
fmax = Fmyoltestdatasomuc.txtfmax.Text
fmin = Fmyoltestdatasomuc.txtfmin.Text
z = Fmyoltestdatasomuc.txtz.Text
Nf = Fmyoltestdatasomuc.txtnf.Text
vyol = Fmyoltestdatasomuc.txtvyol.Text * 1 / 3.6
vtest = Fmyoltestdatasomuc.txtvtest.Text * 1 / 3.6
phitest = Fmyoltestdatasomuc.txtphitest.Text * 10 ^ -6
wtest = Fmyoltestdatasomuc.txtwtest.Text
phiyol = Fmyoltestdatasomuc.txtphiyol.Text * 10 ^ -6
wyol = Fmyoltestdatasomuc.txtwyol.Text
B = Fmyoltestdatasomuc.txtB.Text
Lyol = Fmyoltestdatasomuc.txtLyol.Text
testhizyuz = Fmyoltestdatasomuc.txttesthizyuz.Text
TAR = Fmyoltestdatasomuc.txtTAR.Text
TIG = Fmyoltestdatasomuc.txtTIG.Text
UF = Fmyoltestdatasomuc.txtUF.Text
KRF = Fmyoltestdatasomuc.txtKRF.Text
P = Fmyoltestdatasomuc.txtP.Text
```

'Sinüs eğrisini oluşturan nokta sayısı
'Fourier katsayısı 2^n
'Taşıtın yoldaki hızı m/s
'Aracın test hızı m/s
'Test için yol Pürüzlülüğü spektrum yoğunluğu cm^3
'Test yolu Dalgalık faktörü
'Gerçek yol için yol Pürüzlülüğü spektrum yoğunluğu cm^3
'Gerçek yol dalgalık faktörü
'Malzemeye bağlı katsayı 2~10
'Aracın kat ettiği gerçek yol km
'Testi hızlandırma oranı
'Taşıt Aks aralığı mm
'Taşıt İz genişliği mm
'Uyum Faktörü
'Koherans Referans Frekansı
'Koherans fonksiyonuna bağlı katsayı

```
If Fmyoltestdatasomuc.chk Yoldata.Value = 1 Then
YOLTEST = 1
End If
If Fmyoltestdatasomuc.chk testdata.Value = 1 Then
YOLTEST = 2
End If
```

```
dt = 1 / (z * fmax) 'Zaman adımı (s)
Nz = Nf * z 'Fonksiyon değer sayısı
dx = vtest * dt 'Yol adımı (m)
Lmin = z * dx 'Minimum dalga boyu (m)
Lmax = Lmin * Nf 'Maksimum dalga boyu (m)
domega = (2 * pi) / Lmax 'Yol bağlı dairesel Frekans adımı (1/m)
dw = domega * vtest 'Zamansal dairesel frekans (rad/s)

wfrek = Int(dw * Nf) 'Frekans bandı genişliği veya wfrek=2*pi*fmax

phi = V^(W-1) * phi0 * wfrek^(-W) 'Yol pürüzlülüğü spektrum katsayısı
```

```
spektoptest = 0
spektopyol = 0
```

```
MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Max = Nf + 1
MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Min = 0
MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Visible = True
```

```
For I = 2 To Nf + 1 'spektrum tarama hassasiyeti
w = dw * (I - 1)
OMEGA = domega * (I - 1)

If w > fmin * 2 * pi Then
spektest(I) = (vtest ^ (wtest - 1)) * phitest * w ^ (-wtest)
spekyol(I) = (vyol ^ (wyol - 1)) * phiyol * w ^ (-wyol)
GoTo 10
Else
If w < fmax * 2 * pi Then
spektest(I) = phitest * OMEGA ^ (-wtest)
spekyol(I) = phiyol * OMEGA ^ (-wyol)
10 spektoptest = spektoptest + spektest(I)
spektopyol = spektopyol + spekyol(I)
```

```
End If
End If
MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Value = I
Next I
```

```
vtestkm = vtest * 3.6 'km/saat
vyolkm = vyol * 3.6 'km/saat
```

Ltestyol = 0

*****10^6 km ömüre karşılık gelen test yol değeri (km)*****

Ltestyol = (Lyol * vtestkm / vyolkm * ((vtestkm * spektopyol) / (vyolkm * spektoptest)) ^ (B / 2))

testhizyuz = Lyol / Ltestyol

```

Thidropulsson = (Ltestyol / vtestkm) * 3600      'Hidrolik sarcıdaki test süresi (sn)

Ttestdata = Nz
Thidropuls = Nz * dt

Thidropulsh = 0
Thidropulsm = 0
Thidropulss = 0
Thidropulssonh = 0
Thidropulssonm = 0
Thidropulssons = 0

****Zaman verilerinin hazırlanması****

'Sinyalin hidrolik sarcı süresinin hesaplanması

'Saatin hesaplanması

If Thidropuls >= 3600 Then
Thidropulsh = Thidropuls / 3600
Thidropulsm = (Thidropuls / 3600 - Fix(Thidropulsh)) * 60 'dakika
Thidropulss = (Thidropulsm - Fix(Thidropulsm)) * 60 'saniye
Else

'Dakikanın hesaplanması

If Thidropuls >= 60 Then
Thidropulsm = Thidropuls / 60
Thidropulss = (Thidropuls / 60 - Fix(Thidropulsm)) * 60 'saniye
Else
Thidropulss = Thidropuls 'saniye
End If
End If

****Test yolu hidrolik sarcı süresinin hesaplanması****

'Saatin hesaplanması

If Thidropulsson >= 3600 Then
Thidropulssonh = Thidropulsson / 3600
Thidropulssonm = (Thidropulsson / 3600 - Fix(Thidropulssonh)) * 60 'dakika
Thidropulssons = (Thidropulssonm - Fix(Thidropulssonm)) * 60 'saniye
' End If
Else
'Dakikanın hesaplanması

If Thidropulsson >= 60 Then
Thidropulssonm = Thidropulsson / 60
Thidropulssons = (Thidropulsson / 60 - Fix(Thidropulssonm)) * 60 'saniye
Else
Thidropulssons = Thidropulsson 'saniye
End If
End If

hh = 0
mm = 0
ss = 0
hhson = 0
mmson = 0
ssson = 0

hh = Fix(Thidropulsh)
mm = Fix(Thidropulsm)
ss = Round(Thidropulss, 0)

hhson = Fix(Thidropulssonh)
mmson = Fix(Thidropulssonm)
ssson = Round(Thidropulssons, 0)

****Sonuçların "Fmhiztestsonuc" editörüne yazdırılması****

fmhiztestsonuc.lbltestyolu.Caption = Round(Ltestyol, 2)
fmhiztestsonuc.lbltesthizarc.Caption = Round(vtestkm, 2)
fmhiztestsonuc.lblhidropulssen.Caption = hhson & " : " & mmson & " : " & sson
fmhiztestsonuc.lbltesthidrosure.Caption = hh & " : " & mm & " : " & ss
fmhiztestsonuc.lbltestdata.Caption = Ttestdata
Fmyoltestdatasonuc.txttesthizyuz.Text = Round(testhizyuz, 1)
fmhiztestsonuc.lblphitesthesep.Caption = Round(phitest * 10 ^ 6, 2)
fmhiztestsonuc.lblgarcayolu.Caption = Round(Lyol, 2)
fmhiztestsonuc.lblvyolhiz.Caption = Round(vyolk, 2)

****Yol&test verilerinin ascii olarak txt dosyasına yazdırılması****

dosyaadi = "C:\life\cycle\yoltestdata.mdb"

Open dosyaadi For Output As #1

Print #1, vtest, fmin, fmax, dt, dx, Nf, Nz, domega, dw, wtest, phitest, TAR, TIG, KRF, UF, P, YOLTEST
Close #1

MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Visible = False
fmhiztestsonuc.frmesomucyoltestdata.Visible = True
'MsgBox "Şimdi Yeni 'GENLIK' Verilerini elde etmek için 'Sinyal' iconuna BASINIZ!!! ", vbInformation, "Bilgi"

End Sub

```

EK-B

Sub phitesthesapla()

' **** Yol pürüzlülüğü Hesaplamalarının yapılması **** '

Const pi = 3.14159265

' Verilerin Fmyoltestdatasoanuc formundan alınması

fmax = Fmyoltestdatasoanuc.txtfmax.Text

fmin = Fmyoltestdatasoanuc.txtfmin.Text

z = Fmyoltestdatasoanuc.txtz.Text

Nf = Fmyoltestdatasoanuc.txtnfourier.Text

vyol = Fmyoltestdatasoanuc.txtvyol.Text * 1 / 3.6

vtest = Fmyoltestdatasoanuc.txtvtest.Text * 1 / 3.6

' phitest = Fmyoltestdatasoanuc.txtphitest.Text * 10 ^ -6 ' Test için yol Pürüzlülüğü spektrum yoğunluğu cm³

wtest = Fmyoltestdatasoanuc.txtwtest.Text

phiyl = Fmyoltestdatasoanuc.txtphiyl.Text * 10 ^ -6 ' Test yolu Dalgahlık faktörü

phiyl = Fmyoltestdatasoanuc.txtphiyl.Text * 10 ^ -6 ' Gerçek yol için yol Pürüzlülüğü spektrum yoğunluğu cm³

wyol = Fmyoltestdatasoanuc.txtwyol.Text

B = Fmyoltestdatasoanuc.txtB.Text

Lyol = Fmyoltestdatasoanuc.txtLyol.Text

testhizyuz = Fmyoltestdatasoanuc.txttesthizyuz.Text

TAR = Fmyoltestdatasoanuc.txtTAR

TIG = Fmyoltestdatasoanuc.txtTIG

UF = Fmyoltestdatasoanuc.txtUF

KRF = Fmyoltestdatasoanuc.txtKRF

P = Fmyoltestdatasoanuc.txtP

' Sinüs eğrisini oluşturacak nokta sayısı

' Fourier katsayısı 2^n

' Taşıtın yoldaki hızı m/s

' Aracın test hızı m/s

' Test için yol Pürüzlülüğü spektrum yoğunluğu cm³

' Test yolu Dalgahlık faktörü

' Gerçek yol için yol Pürüzlülüğü spektrum yoğunluğu cm³

' Gerçek yol dalgahlık faktörü

' Malzemeye bağlı katsayı 2~10

' Aracın kat ettiği gerçek yol km

' Testi hızlandırma oranı

' Taşıt Aks aralığı mm

' Taşıt İz genişliği mm

' Uyum Faktörü

' Koherans Referans Frekansı

' Koherans fonksiyonuna bağlı katsayı

If Fmyoltestdatasoanuc.chkylodata.Value = 1 Then

YOLTEST = 1

End If

If Fmyoltestdatasoanuc.chktestdata.Value = 1 Then

YOLTEST = 2

End If

dt = 1 / (z * fmax)

Nz = Nf * z

dx = vtest * dt

Lmin = z * dx

Lmax = Lmin * Nf

domaga = (2 * pi) / Lmax

dw = domaga * vtest

' wfrek = Int(dw * Nf)

' Zaman adımı (s)

' Fonksiyon değer sayısı

' Yol adımı (m)

' Minimum dalga boyu (m)

' Maksimum dalga boyu (m)

' Frekans adımı (1/m)

' Zamansal dairesel frekans (rad/s)

' Frekans bandı genişliği veya wfrek=2*pi*fmax

' phi=V^(W-1)*phi0*wfrek^(Y-W) Yol pürüzlülüğü spektrum katsayısı

' Fmhiztestsoanuc.Text1.Text = ""

MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Max = Nf + 1

MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Min = 0

MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Visible = True

***** 1 hassasiyetle phitest Hesaba *****

phitest = 0

Ltestyol = Round(Lyol / testhizyuz, 2)

For J = 1 To 10000

spektoptest = 0

spektoptyol = 0

phitest = phitest + 1

phitest = phitest * 10 ^ -6

For I = 2 To Nf + 1 'spektrum tarama hassasiyeti

w = dw * (I - 1)

OMEGA = domaga * (I - 1)

If w > fmin * 2 * pi Then

spektest(I) = (vtest ^ (wtest - 1)) * phitest * w ^ (-wtest)

spekyol(I) = (vyol ^ (wyol - 1)) * phiyl * w ^ (-wyol)

GoTo 10

Else

If w < fmax * 2 * pi Then

spektest(I) = phitest * OMEGA ^ (-wtest)

spekyol(I) = phiyl * OMEGA ^ (-wyol)

10 spektoptest = spektoptest + spektest(I)

spektoptyol = spektoptyol + spekyol(I)

End If

End If

MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Value = I

Next I

vtestkm = vtest * 3.6

'km/saat

```

vyolkm = vyol * 3.6      'km/saat

'10^6 km ömüre karşılık gelen test yol değeri (km)
Ltestyolh = (Lyol * (vtestkm / vyolkm) * ((vtestkm * spektopyol) / (vyolkm * spektotest)) ^ (B / 2))

Ltestyol = (Lyol * vtestkm / vyolkm * ((vtestkm * spektopyol) / (vyolkm * spektotest)) ^ (B / 2))

If Fix(Ltestyolh) - Int(Ltestyol) <= 8 Then

GoTo 30
Else
End If
vtestkm = vtest / 3.6      'm/saniye
vyolkm = vyol / 3.6      'm/saniye
phitest = phitest * 10 ^ 6
Next J

***** 0.1 Hassasiyette phitest hesabı *****

30 If Int(Ltestyolh) = Round(Ltestyol, 2) Then
GoTo 50
End If

phitest = phitest * 10 ^ 6

For J = 1 To 10000

spektoptest = 0
spektopyol = 0
phitest = phitest + 0.1
phitest = phitest * 10 ^ -6

For I = 2 To Nf + 1 'spektrum tarama hassasiyeti
w = dw * (I - 1)
OMEGA = domega * (I - 1)

If w > fmin * 2 * pi Then
spektest(I) = (vtest ^ (wtest - 1)) * phitest * w ^ (-wtest)
spekyol(I) = (vyol ^ (wyol - 1)) * phiyl * w ^ (-wyol)
GoTo 40
Else
If w < fmax * 2 * pi Then
spektest(I) = phitest * OMEGA ^ (-wtest)
spekyol(I) = phiyl * OMEGA ^ (-wyol)

40 spektoptest = spektoptest + spektest(I)
spektopyol = spektopyol + spekyol(I)

End If
End If
MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Value = I
Next I

vtestkm = vtest * 3.6      'km/saat
vyolkm = vyol * 3.6      'km/saat

'10^6 km ömüre karşılık gelen test yol değeri (km)
Ltestyolh = (Lyol * (vtestkm / vyolkm) * ((vtestkm * spektopyol) / (vyolkm * spektotest)) ^ (B / 2))

If Fix(Ltestyolh) - Int(Ltestyol) <= 0.8 Then

GoTo 50
Else
End If
vtestkm = vtest / 3.6      'm/saniye
vyolkm = vyol / 3.6      'm/saniye
phitest = phitest * 10 ^ 6
Next J

***** 0.01 Hassasiyette phitest hesabı *****

50 If Int(Ltestyolh) = Round(Ltestyol, 2) Then
GoTo 100
End If

phitest = phitest * 10 ^ 6

For J = 1 To 10000

spektoptest = 0
spektopyol = 0
phitest = phitest + 0.01
phitest = phitest * 10 ^ -6

For I = 2 To Nf + 1 'spektrum tarama hassasiyeti

```



```

w = dw * (I - 1)
OMEGA = domega * (I - 1)

If w > fmin * 2 * pi Then
    spektst(I) = (vtest ^ (wtest - 1)) * phitest * w ^ (-wtest)
    spekyol(I) = (vyol ^ (wyol - 1)) * phiyl * w ^ (-wyol)
    GoTo 55
Else
    If w < fmax * 2 * pi Then
        spektst(I) = phitest * OMEGA ^ (-wtest)
        spekyol(I) = phiyl * OMEGA ^ (-wyol)

55    spektstest = spektstest + spektst(I)
    spektopyol = spektopyol + spekyol(I)

End If
End If
MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Value = I
Next I

vtestkm = vtest * 3.6      'km/saat
vyolkkm = vyol * 3.6      'km/saat

'***10^6 km ömüre karşılık gelen test yol değeri (km)***
Ltestyolk = (Lyol * (vtestkm / vyolkkm) * ((vtestkm * spektopyol) / (vyolkkm * spektstest)) ^ (B / 2))

If Round(Ltestyolk, 2) = Round(Ltestyol, 2) Then

GoTo 100
Else
End If
vtestkm = vtest / 3.6      'm/saniye
vyolkkm = vyol / 3.6      'm/saniye
phitest = phitest * 10 ^ 6
Next J

*****

100    phitest = phitest * 10 ^ 6

Thidropulsson = (Ltestyol / vtestkm) * 3600      'Hidrolik Sarsıcıdaki test süresi (sn)
Ttestdata = Nz
Thidropuls = Nz * dt

Thidropulsh = 0
Thidropulsm = 0
Thidropulss = 0
Thidropulssonh = 0
Thidropulssonm = 0
Thidropulssons = 0

'Zaman verilerinin hazırlanması

'Sinyalin hidrolik sarsıcı süresinin hesaplanması

'Saatin hesaplanması

If Thidropuls >= 3600 Then
    Thidropulsh = Thidropuls / 3600
    Thidropulsm = (Thidropuls / 3600 - Fix(Thidropulsh)) * 60 'dakika
    Thidropulss = (Thidropulsm - Fix(Thidropulsm)) * 60 'saniye
Else

'Dakikanın hesaplanması

If Thidropuls >= 60 Then
    Thidropulsm = Thidropuls / 60
    Thidropulss = (Thidropuls / 60 - Fix(Thidropulsm)) * 60 'saniye
Else
    Thidropulss = Thidropuls 'saniye
End If
End If

'Test yolu hidrolik sarsıcı süresinin hesaplanması

'Saatin hesaplanması

If Thidropulsson >= 3600 Then
    Thidropulssonh = Thidropulsson / 3600
    Thidropulssonm = (Thidropulsson / 3600 - Fix(Thidropulssonh)) * 60 'dakika
    Thidropulssons = (Thidropulssonm - Fix(Thidropulssonm)) * 60 'saniye
End If
Else
    'Dakikanın hesaplanması

```

```

If Thidropulsson >= 60 Then
Thidropulssonm = Thidropulsson / 60
Thidropulssons = (Thidropulsson / 60 - Fix(Thidropulssonm)) * 60 'saniye
Else
Thidropulssons = Thidropulsson 'saniye
End If
End If

hh = 0
mm = 0
ss = 0
hhson = 0
mmson = 0
ssson = 0

hh = Fix(Thidropulsh)
mm = Fix(Thidropulsm)
ss = Round(Thidropulss, 0)

hhson = Fix(Thidropulssonh)
mmson = Fix(Thidropulssonm)
ssson = Round(Thidropulssons, 0)

'Sonuçların Frmhztestsonuc editörüne yazdırılması

frmhztestsonuc.fblhztestyolu.Caption = Round(Ltestyol, 2)
frmhztestsonuc.fbltesthizarc.Caption = Round(vtestkm, 2)
frmhztestsonuc.fblhidropulsson.Caption = hhson & " : " & mmson & " : " & ssson
frmhztestsonuc.fbltesthidrosure.Caption = hh & " : " & mm & " : " & ss
frmhztestsonuc.fbltestdata.Caption = Ttestdata
frmhztestsonuc.fblphitesthesap.Caption = Round(phitest, 1)
frmhztestsonuc.fblgercekyolu.Caption = Round(Lyol, 2)
frmhztestsonuc.fblvyolhiz.Caption = Round(vyolkil, 2)
|
'Yol&test verilerinin asçii olarak txt dosyasına yazdırılması

dosyaadi = "C:\lifecycle\vyoltestdata.mlb"

Open dosyaadi For Output As #1
Print #1, vtest, finin, fmax, dt, dx, Nf, Nz, domega, dw, wtest, phitest, TAR, TIG, KRF, UF, P, YOLTEST
Close #1

MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Visible = False

frmhztestsonuc.framesonucvyoltestdata.Visible = True
' MsgBox "Şimdi Yeni 'GENLİK' Verilerini elde etmek için 'Sinyal' iconuna BASINIZ!!! ", vbInformation, "Bilgi"

End Sub

```

102

```

        f1b=acos(gamma)+f1;
    else
        f1b=-acos(gamma)+f1;
    end

    %Ön sol tekerlek

    Tra(i)=T(i)*cos(f1);
    Tia(i)=T(i)*sin(f1);

    % Ön sağ tekerlek
    Trb(i)=T(i)*cos(f1b);
    Tib(i)=T(i)*sin(f1b);

    %Ön ve arka arasındaki faz aşımının hesaplanması
    ftr=OMEGA*TAR;

    % Sol arka tekerlek
    Trc(i)=Tra(i)*cos(ftr)+Tia(i)*sin(ftr);
    Tic(i)=-Tra(i)*sin(ftr)+Tia(i)*cos(ftr);

    % Sağ arka tekerlek
    Trd(i)=Trb(i)*cos(ftr)+Tib(i)*sin(ftr);
    Tid(i)=-Trb(i)*sin(ftr)+Tib(i)*cos(ftr);
end

%Yol pürüzlülüğünün Hesaplanması
for ii=1 : Nf;

    Tha(ii)=Tra(ii)+Tia(ii)*j;
    Thb(ii)=Trb(ii)+Tib(ii)*j;
    Thc(ii)=Trc(ii)+Tic(ii)*j;
    Thd(ii)=Trd(ii)+Tid(ii)*j;
end

ha=ifft(Tha,Nz).*Nz;
hb=ifft(Thb,Nz).*Nz;
hc=ifft(Thc,Nz).*Nz;
hd=ifft(Thd,Nz).*Nz;

hreala=real(ha)*1000;
hrealb=real(hb)*1000;
hrealc=real(hc)*1000;
hreald=real(hd)*1000;

for ii=1 : Nz

    t(ii)=(ii-1)*dt;

end

if YOLTEST ==1 ; % Sinyal Verilerin Oluşturulan Yeni Yol Profili Grafiklerinin oluşturulması

    % hreal yol profili

    pos1 = [0 0 1000 600] ;

    fig1=figure('Position',pos1,'menubar','none','visible','off'); %figure(1) Sol ön tekerlek yol profili
    plot(t,hreala,'b');xlabel('Zaman, t [s]');ylabel('Genlik, ha [mm]');title('Sol Ön Tekerlek Yeni Yol Profili ');grid

    fig2=figure('Position',pos1,'menubar','none','visible','off'); %figure(2) Sağ ön tekerlek Yol profili
    plot(t,hrealb,'r');xlabel('Zaman, t [s]');ylabel('Genlik, hb [mm]');title('Sağ Ön Tekerlek Yeni Yol Profili ');grid

    fig3=figure('Position',pos1,'menubar','none','visible','off'); %figure(3) Sol arka tekerlek yol profili
    plot(t,hrealc,'k');xlabel('Zaman, t [s]');ylabel('Genlik, hc [mm]');title('Sol Arka Tekerlek Yeni Yol Profili ');grid

    fig4=figure('Position',pos1,'menubar','none','visible','off'); %figure(4) Sağ arka tekerlek yol profili
    plot(t,hreald,'g');xlabel('Zaman, t [s]');ylabel('Genlik, hd [mm]');title('Sağ Arka Tekerlek Yeni Yol Profili ');grid

    fig5=figure('Position',pos1,'menubar','none','visible','off'); %figure(4) Sağ arka tekerlek yol profili
    plot(t,hreala,b,t,hrealb,r,t,hrealc,k,t,hreald,g);xlabel('Zaman, t [s]');ylabel('Genlik, ha(mavi), hb(kırmızı), hc(siyah), hd(yesil) [mm]');title('Ön-Arka Sağ-Sol Yeni Yol Profilleri ');grid

    %Grafiklerin saklanması
    findfigs
    saveas(fig1,'c:\lifecycle\grafikler\grafgenlikzaman_yol_a.emf') % figure(1)
    saveas(fig2,'c:\lifecycle\grafikler\grafgenlikzaman_yol_b.emf') % figure(2)
    saveas(fig3,'c:\lifecycle\grafikler\grafgenlikzaman_yol_c.emf') % figure(3)
    saveas(fig4,'c:\lifecycle\grafikler\grafgenlikzaman_yol_d.emf') % figure(4)
    saveas(fig5,'c:\lifecycle\grafikler\grafgenlikzaman_yol_abcd.emf') % figure(5)

end

```



```

if YOLTEST==2; % Sinyal Verilerin Olusturulan Yeni Test Yolu Profili Grafiklerinin olusturulması

% kural yol profili

pos1 = [0 0 1000 600] ;

fig1=figure('Position',pos1,'menubar','none','visible','off'); %figure(1) Sol ön tekerlek yol profili
plot(t,hreal,b);xlabel('Zaman, t [s]');ylabel('Genlik, ha [mm]');title('Sol Ön Tekerlek Yeni Test Yolu Profili ');grid

fig2=figure('Position',pos1,'menubar','none','visible','off'); %figure(2) Sağ ön tekerlek Yol profili
plot(t,hreal,b);xlabel('Zaman, t [s]');ylabel('Genlik, hb [mm]');title('Sağ Ön Tekerlek Yeni Test Yolu Profili ');grid

fig3=figure('Position',pos1,'menubar','none','visible','off'); %figure(3) Sol arka tekerlek yol profili
plot(t,hreal,k);xlabel('Zaman, t [s]');ylabel('Genlik, hc [mm]');title('Sol Arka Tekerlek Yeni Test Yolu Profili ');grid

fig4=figure('Position',pos1,'menubar','none','visible','off'); %figure(4) Sağ arka tekerlek yol profili
plot(t,hreal,g);xlabel('Zaman, t [s]');ylabel('Genlik, hd [mm]');title('Sağ Arka Tekerlek _Yeni Test Yolu Profili ');grid

fig5=figure('Position',pos1,'menubar','none','visible','off'); %figure(4) Sağ arka tekerlek yol profili
plot(t,hreal,b,t,hreal,k,t,hreal,g,t,hreal,d);xlabel('Zaman, t [s]');ylabel('Genlik, ha(mavi), hb(kirmizi), hc(siyah), hd(yesil) [mm]');title('Ön-Arka Sağ-Sol Yeni Test Yolu Profilleri ');grid

%Grafiklerin saklanması
findfigs
saveas(fig1,'c:\lifecycle\grafikler\grafgenlikzaman_test_a.smf') % figure(1)
saveas(fig2,'c:\lifecycle\grafikler\grafgenlikzaman_test_b.smf') % figure(2)
saveas(fig3,'c:\lifecycle\grafikler\grafgenlikzaman_test_c.smf') % figure(3)
saveas(fig4,'c:\lifecycle\grafikler\grafgenlikzaman_test_d.smf') % figure(4)
saveas(fig5,'c:\lifecycle\grafikler\grafgenlikzaman_test_abcd.smf') % figure(5)

end

% Sinyal Verilerinin "satur" halinden "stuton" haline getirilip "zaman_abcd.mlb" dosyasına kayıt etmek için transpose alındı

fid = fopen('c:\lifecycle\genlik_a.mlb','w');
fprintf(fid,'%f \r',hreala);
fclose(fid);

fid = fopen('c:\lifecycle\genlik_b.mlb','w');
fprintf(fid,'%f \r',hrealb);
fclose(fid);

fid = fopen('c:\lifecycle\genlik_c.mlb','w');
fprintf(fid,'%f \r',hrealc);
fclose(fid);

fid = fopen('c:\lifecycle\genlik_d.mlb','w');
fprintf(fid,'%f \r',hreald);
fclose(fid);

fid = fopen('c:\lifecycle\zaman_abcd.mlb','w');
fprintf(fid,'%f \r',t);
fclose(fid);

close(h)

quit

```

EK-D

*** "Xyol" Düzensiz (Random) yol pürüzlülüğü genlik değerlerinin "X" taşıt kütlelerine transferi ***

Option Explicit

' Yeni oluşturulan genlik_abcd.mlb Dosyasının daha önce oluşturulmuş genlik dosyasına eklenmesi
Sub transfer()

```
Dim Xyol_a(1000000), Xyol_b(1000000), Xyol_c(1000000), Xyol_d(1000000), zaman_abcd(1000000)
Dim Xtasit_a(1000000), Xtasit_b(1000000), Xtasit_c(1000000), Xtasit_d(1000000)
Dim Xteker_a(1000000), Xteker_b(1000000), Xteker_c(1000000), Xteker_d(1000000)
Dim DXtasit_a(1000000), DXtasit_b(1000000), DXtasit_c(1000000), DXtasit_d(1000000)
Dim DXteker_a(1000000), DXteker_b(1000000), DXteker_c(1000000), DXteker_d(1000000)
Dim DDXtasit_a(1000000), DDXtasit_b(1000000), DDXtasit_c(1000000), DDXtasit_d(1000000)
Dim DDXteker_a(1000000), DDXteker_b(1000000), DDXteker_c(1000000), DDXteker_d(1000000)
Dim A4, B4, C4, mtsit, ctasit, mteker, ktasit, kteker, son As String
Dim vtest, fmin, fmax, dt, dx, Nf, Nz, omega, dw, I
```

*****YOL VERİSİ*****

10 'Yeni Oluşturulan YOL genlik_abcd.mlb dosyasının okunması

' MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Visible = True

```
son = 0
Open "c:\lifecycle\genlik_abcd.mlb" For Input As #1
Do While Not EOF(1)
    son = son + 1
    Input #1, Xyol_a(son), Xyol_b(son), Xyol_c(son), Xyol_d(son), zaman_abcd(son)
Loop
Close #1
```

MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Max = son
MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Min = 0

' yoltestdata.mlb dosyasındaki taşıt verisinin okunması

```
Open "C:\lifecycle\yoltestdata.mlb" For Input As #1
Input #1, vtest, fmin, fmax, dt, dx, Nf, Nz, omega, dw
Close #1
```

*** Hesapların yapılması ***

'Katsayıların Hesaplanması

```
mtsit = fmintransfer.txtmtsit.Text
ktasit = fmintransfer.txtktasit.Text
mteker = fmintransfer.txtmteker.Text
ctasit = fmintransfer.txtctasit.Text
kteker = fmintransfer.txtkteker.Text
```

$A4 = (ctasit * dt / 2) + ktasit * (dt^2) / 6$

$B4 = mtsit + (ctasit * dt / 2) + ktasit * (dt^2) / 6$

$C4 = mteker + (ctasit * dt / 2) + (ktasit * (dt^2) + kteker * (dt^2)) / 6$

'Başlangıç Şartları

'Yol
Xyol_a(0) = 0: Xyol_b(0) = 0: Xyol_c(0) = 0: Xyol_d(0) = 0

'Taşıt
Xtasit_a(0) = 0: Xtasit_b(0) = 0: Xtasit_c(0) = 0: Xtasit_d(0) = 0
DXtasit_a(0) = 0: DXtasit_b(0) = 0: DXtasit_c(0) = 0: DXtasit_d(0) = 0
DDXtasit_a(0) = 0: DDXtasit_b(0) = 0: DDXtasit_c(0) = 0: DDXtasit_d(0) = 0

'Tekerlek
Xteker_a(0) = 0: Xteker_b(0) = 0: Xteker_c(0) = 0: Xteker_d(0) = 0
DXteker_a(0) = 0: DXteker_b(0) = 0: DXteker_c(0) = 0: DXteker_d(0) = 0
DDXteker_a(0) = 0: DDXteker_b(0) = 0: DDXteker_c(0) = 0: DDXteker_d(0) = 0

' Xyol_a(1) = 2: Xyol_a(2) = 5

' Xyol'un 1 nci verisi için Xtasit,DXtasit veDDXtasit değerlerinin hesabı

$DDXtasit_a(1) = kteker * Xyol_a(1) * A4 / (B4 * C4 - A4^2)$
 $DXtasit_a(1) = DDXtasit_a(1) * dt / 2$
 $Xtasit_a(1) = DXtasit_a(1) * dt / 3$

'Xyol'un 1nci verisi için Xteker,DXteker veDDXteker değerlerinin hesabı

$DDXteker_a(1) = DDXtasit_a(1) * B4 / A4$
 $DXteker_a(1) = DDXteker_a(1) * dt / 2$
 $Xteker_a(1) = DXteker_a(1) * dt / 3$

'Xyol'un n'nci verisi için Xtasit,DXtasit,DDXtasit,Xteker,DXteker veDDXteker değerlerinin hesabı

Open "c:\life\cycle\genlik_abcd.mlb" For Output As #1 'genlik_abcd.mlb dosyasına yazdırılması

For I = 1 To son

'a için

$X_{tasit_a}(I+1) = DD_{X_{tasit_a}}(I) * (dt^2) + 2 * X_{tasit_a}(I) - X_{tasit_a}(I-1)$
 $DX_{tasit_a}(I+1) = (3 * X_{tasit_a}(I+1) - 4 * X_{tasit_a}(I) + X_{tasit_a}(I-1)) / (2 * dt)$

$X_{teker_a}(I+1) = DD_{X_{teker_a}}(I) * (dt^2) + 2 * X_{teker_a}(I) - X_{teker_a}(I-1)$
 $DX_{teker_a}(I+1) = (3 * X_{teker_a}(I+1) - 4 * X_{teker_a}(I) + X_{teker_a}(I-1)) / (2 * dt)$

$DD_{X_{tasit_a}}(I+1) = (ctasit * (DX_{teker_a}(I+1) - DX_{tasit_a}(I+1)) + ktasit * (X_{teker_a}(I+1) - X_{tasit_a}(I+1))) / m_{tasit}$

$DD_{X_{teker_a}}(I+1) = (kteker * (X_{yol_a}(I+1) - X_{teker_a}(I+1)) - ctasit * (DX_{teker_a}(I+1) - DX_{tasit_a}(I+1)) - ktasit * (X_{teker_a}(I+1) - X_{tasit_a}(I+1))) / m_{teker}$

'b için

$X_{tasit_b}(I+1) = DD_{X_{tasit_b}}(I) * (dt^2) + 2 * X_{tasit_b}(I) - X_{tasit_b}(I-1)$
 $DX_{tasit_b}(I+1) = (3 * X_{tasit_b}(I+1) - 4 * X_{tasit_b}(I) + X_{tasit_b}(I-1)) / (2 * dt)$

$X_{teker_b}(I+1) = DD_{X_{teker_b}}(I) * (dt^2) + 2 * X_{teker_b}(I) - X_{teker_b}(I-1)$
 $DX_{teker_b}(I+1) = (3 * X_{teker_b}(I+1) - 4 * X_{teker_b}(I) + X_{teker_b}(I-1)) / (2 * dt)$

$DD_{X_{tasit_b}}(I+1) = (ctasit * (DX_{teker_b}(I+1) - DX_{tasit_b}(I+1)) + ktasit * (X_{teker_b}(I+1) - X_{tasit_b}(I+1))) / m_{tasit}$

$DD_{X_{teker_b}}(I+1) = (kteker * (X_{yol_b}(I+1) - X_{teker_b}(I+1)) - ctasit * (DX_{teker_b}(I+1) - DX_{tasit_b}(I+1)) - ktasit * (X_{teker_b}(I+1) - X_{tasit_b}(I+1))) / m_{teker}$

'c için

$X_{tasit_c}(I+1) = DD_{X_{tasit_c}}(I) * (dt^2) + 2 * X_{tasit_c}(I) - X_{tasit_c}(I-1)$
 $DX_{tasit_c}(I+1) = (3 * X_{tasit_c}(I+1) - 4 * X_{tasit_c}(I) + X_{tasit_c}(I-1)) / (2 * dt)$

$X_{teker_c}(I+1) = DD_{X_{teker_c}}(I) * (dt^2) + 2 * X_{teker_c}(I) - X_{teker_c}(I-1)$
 $DX_{teker_c}(I+1) = (3 * X_{teker_c}(I+1) - 4 * X_{teker_c}(I) + X_{teker_c}(I-1)) / (2 * dt)$

$DD_{X_{tasit_c}}(I+1) = (ctasit * (DX_{teker_c}(I+1) - DX_{tasit_c}(I+1)) + ktasit * (X_{teker_c}(I+1) - X_{tasit_c}(I+1))) / m_{tasit}$

$DD_{X_{teker_c}}(I+1) = (kteker * (X_{yol_c}(I+1) - X_{teker_c}(I+1)) - ctasit * (DX_{teker_c}(I+1) - DX_{tasit_c}(I+1)) - ktasit * (X_{teker_c}(I+1) - X_{tasit_c}(I+1))) / m_{teker}$

'd için

$X_{tasit_d}(I+1) = DD_{X_{tasit_d}}(I) * (dt^2) + 2 * X_{tasit_d}(I) - X_{tasit_d}(I-1)$
 $DX_{tasit_d}(I+1) = (3 * X_{tasit_d}(I+1) - 4 * X_{tasit_d}(I) + X_{tasit_d}(I-1)) / (2 * dt)$

$X_{teker_d}(I+1) = DD_{X_{teker_d}}(I) * (dt^2) + 2 * X_{teker_d}(I) - X_{teker_d}(I-1)$
 $DX_{teker_d}(I+1) = (3 * X_{teker_d}(I+1) - 4 * X_{teker_d}(I) + X_{teker_d}(I-1)) / (2 * dt)$

$DD_{X_{tasit_d}}(I+1) = (ctasit * (DX_{teker_d}(I+1) - DX_{tasit_d}(I+1)) + ktasit * (X_{teker_d}(I+1) - X_{tasit_d}(I+1))) / m_{tasit}$

$DD_{X_{teker_d}}(I+1) = (kteker * (X_{yol_d}(I+1) - X_{teker_d}(I+1)) - ctasit * (DX_{teker_d}(I+1) - DX_{tasit_d}(I+1)) - ktasit * (X_{teker_d}(I+1) - X_{tasit_d}(I+1))) / m_{teker}$

Print #1, Round($X_{tasit_a}(I)$, 6), Round($X_{tasit_b}(I)$, 6), Round($X_{tasit_c}(I)$, 6), Round($X_{tasit_d}(I)$, 6), zaman_abcd(I)

'fmrtransfer.Text1.SetText = " X_{tasit_a} " & I & "=" & $X_{tasit_a}(I)$ & vbCrLf
'fmrtransfer.Text1.SetText = " DX_{tasit_a} " & I & "=" & $DX_{tasit_a}(I)$ & vbCrLf
'fmrtransfer.Text1.SetText = " $DD_{X_{tasit_a}}$ " & I & "=" & $DD_{X_{tasit_a}}(I)$ & vbCrLf

'fmrtransfer.Text1.SetText = " X_{teker_a} " & I & "=" & $X_{teker_a}(I)$ & vbCrLf
'fmrtransfer.Text1.SetText = " DX_{teker_a} " & I & "=" & $DX_{teker_a}(I)$ & vbCrLf
'fmrtransfer.Text1.SetText = " $DD_{X_{teker_a}}$ " & I & "=" & $DD_{X_{teker_a}}(I)$ & vbCrLf & vbCrLf

MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Value = I

Next I

Close #1

MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Visible = False

End Sub

EK-E

Genlik Verilerine karşılık gelen Kuvvet değerlerinin elde edilmesi

Option Explicit

Sub convert()

```
Dim GENLIK(1000000), KUVVET(1000000), YGENLIK_a(1000000), YKUVVET_a(1000000), YGENLIK_b(1000000), YKUVVET_b(1000000)
Dim YGENLIK_c(1000000), YKUVVET_c(1000000), YGENLIK_d(1000000), YKUVVET_d(1000000)
Dim count, say, I, J, BUGENLIK, BUKUVVET, BUVE, KUVE, YGENLIKBUVE_a, YGENLIKKU_a, YGENLIKBUVE_b, YGENLIKKU_b
Dim YGENLIKBUVE_c, YGENLIKKU_c, YGENLIKBUVE_d, YGENLIKKU_d, L1, L2, Y1, Y2, Ix, Ix
Dim Mesaj, Mesajg, Mesajk, baslik, baslikg, baslikk, deger, degerg As String
Dim degerk, dosyaadi, dosyaadig, dosyaadik, Mypath, Myname As String
```

```
Mesaj = "Okunmasını istediğiniz Hidrolik Sarsıcıda Kaydedilmiş Genlik-Kuvvet Verisi dosya adı:"
baslik = "Okunacak dosya adı"
deger = "C:\lifecycle\HidroPuls_genlik_kuvvet_DATA\genlik_kuvvet.txt "
```

```
3 dosyaadi = InputBox(Mesaj, baslik, deger)
If dosyaadi = Empty Then
```

```
MsgBox "Lütfen dosya adını giriniz", vbExclamation, "Uyanı!"
GoTo 3
```

```
Else
End If
```

```
Mypath = dosyaadi
Myname = Dir(Mypath, vbDirectory)
```

```
If Myname = "" Then
```

```
MsgBox "Okunmasını istediğiniz dosya <" & dosyaadi & "> bulunamadı!!! ", vbExclamation, "Uyanı!!!"
Exit Sub
End If
```

```
If Fmyoltestdatasonuc.chkolddata.Value = 1 Then
GoTo 4
End If
If Fmyoltestdatasonuc.chktestdata.Value = 1 Then
GoTo 65
End If
```

```
4 Mesajg = "Okunmasını istediğiniz Yol Genlik Verisi dosya adı:"
baslikg = "Okunacak dosya adı"
degerg = "C:\lifecycle\Yol&Test_DATA\Yeni_Yol_genlik_1.txt"
```

```
5 dosyaadig = InputBox(Mesajg, baslikg, degerg)
If dosyaadig = Empty Then
MsgBox "Lütfen dosya adını giriniz", vbExclamation, "Uyanı!"
GoTo 5
Else
GoTo 85
End If
```

```
65 Mesajg = "Okunmasını istediğiniz Test Genlik Verisi dosya adı:"
baslikg = "Okunacak dosya adı"
degerg = "C:\lifecycle\Yol&Test_DATA\Yeni_Test_genlik_1.txt"
```

```
75 dosyaadig = InputBox(Mesajg, baslikg, degerg)
If dosyaadig = Empty Then
MsgBox "Lütfen dosya adını giriniz", vbExclamation, "Uyanı!"
GoTo 75
Else
End If
```

```
85 Mypath = dosyaadig
Myname = Dir(Mypath, vbDirectory)
```

```
If Myname = "" Then
```

```
MsgBox "Okunmasını istediğiniz dosya <" & dosyaadig & "> bulunamadı!!! ", vbExclamation, "Uyanı!!!"
Exit Sub
End If
```

```
If Fmyoltestdatasonuc.chkolddata.Value = 1 Then
degerk = "C:\lifecycle\Genlme_DATA\genlme_yol_1.txt"
End If
If Fmyoltestdatasonuc.chktestdata.Value = 1 Then
degerk = "C:\lifecycle\Genlme_DATA\genlme_test_1.txt"
End If
```

```
Mesajk = "Olusturulacak GERİLME Verilerini Kaydetmek istediğiniz dosya adı:"
baslikk = "Genlme Verilerini Kaydetmek istediğiniz dosya adı"
```

```
950 dosyaadik = InputBox(Mesajk, baslikk, degerk)
If dosyaadik = Empty Then
MsgBox "Lütfen dosya adını giriniz", vbExclamation, "Uyanı!"
```



```

    GoTo 930
Else
End If

'MsgBox "Hesaplamalar Yapılıyorken Lütfen bekleyiniz!! Şimdi Ok'ye basınız", vbExclamation, "Uyarı"
MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Visible = True

Open dosyaadi For Input As #1

'Daha Önce Hidrolik Sarsıcada Kaydedilmiş Genlik_Kuvvet Verilerinin olduğu genlik_kuvvet.txt dosyasının okunması

count = 0

Do While Not EOF(1)
    count = count + 1
    Input #1, GENLIK(count), KUVVET(count)

Loop
Close #1

'MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Visible = True
MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Max = count
MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Min = 0

'Yeni Genlik Verilerinin genlik.txt dosyasından okunması

Open dosyaadi For Input As #1

say = 0

Do While Not EOF(1)
    say = say + 1
    Input #1, YGENLIK_a(say), YGENLIK_b(say), YGENLIK_c(say), YGENLIK_d(say)

Loop
Close #1

'Büyükten küçüğe sıralama işleminin yapılması

For I = 1 To count - 1
    MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Value = I
    For J = I + 1 To count

        If GENLIK(I) < GENLIK(J) Then GoTo 6

        Let HUGENLIK = GENLIK(I)
        Let BUKUVVET = KUVVET(I)
        Let GENLIK(I) = GENLIK(J)
        Let KUVVET(I) = KUVVET(J)
        Let GENLIK(J) = HUGENLIK
        Let KUVVET(J) = BUKUVVET

6 Next J
    Next I

'Genlik değerlerine göre büyükten küçüğe sıralanan değerlerin ddd_düz.txt dosyasına yazdırılması
' Open "c:\temp\ddd_düz.txt" For Output As #1
' For I = 1 To count
'     Print #1, GENLIK(I), KUVVET(I)
' Next I
' Close #1

MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Max = say

'Yeni oluşturulan YGENLIK_a,b,c,d(I) Maksimum ve Minimum değerlerin bulunması

'a için

Let YGENLIKBUE_a = YGENLIK_a(1): Let YGENLIKKU_a = YGENLIK_a(1)

For I = 2 To say
    MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Value = I
    If YGENLIK_a(I) <= YGENLIKBUE_a Then GoTo 7
    Let YGENLIKBUE_a = YGENLIK_a(I)

7 If YGENLIK_a(I) >= YGENLIKKU_a Then GoTo 8
    Let YGENLIKKU_a = YGENLIK_a(I)
8 Next I

'b için

Let YGENLIKBUE_b = YGENLIK_b(1): Let YGENLIKKU_b = YGENLIK_b(1)

For I = 2 To say
    MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Value = I
    If YGENLIK_b(I) <= YGENLIKBUE_b Then GoTo 9

```

```

Let YGENLIKBUE_b = YGENLIK_b(I)

9 IF YGENLIK_b(I) >= YGENLIKKU_b Then GoTo 10
Let YGENLIKKU_b = YGENLIK_b(I)
10 Next I

'c için

Let YGENLIKBUE_c = YGENLIK_c(I): Let YGENLIKKU_c = YGENLIK_c(I)

For I = 2 To say
MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Value = I
IF YGENLIK_c(I) <= YGENLIKBUE_c Then GoTo 11
Let YGENLIKBUE_c = YGENLIK_c(I)

11 IF YGENLIK_c(I) >= YGENLIKKU_c Then GoTo 12
Let YGENLIKKU_c = YGENLIK_c(I)
12 Next I

'd için

Let YGENLIKBUE_d = YGENLIK_d(I): Let YGENLIKKU_d = YGENLIK_d(I)

For I = 2 To say
MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Value = I
IF YGENLIK_d(I) <= YGENLIKBUE_d Then GoTo 13
Let YGENLIKBUE_d = YGENLIK_d(I)

13 IF YGENLIK_d(I) >= YGENLIKKU_d Then GoTo 14
Let YGENLIKKU_d = YGENLIK_d(I)
14 Next I

' Hidrolik sarsıcıda elde edilen genlik_kuvvet.txt verileriyle eşleşecek lifecycle.exe programda üretilen sinyallerinin Mak-min değerleriyle karşılaştırılması

'a için
For I = 1 To say
IF YGENLIK_a(I) > GENLIK(I) Or YGENLIK_a(I) < GENLIK(count) Then
MsgBox "GENLİK Verileriniz ; " & Round(YGENLIKBUE_a, 2) & " ile " & Round(YGENLIKKU_a, 2) & " arasındadır." & Space(2) & _
"GERİLME Eşleştirmesi yaptığınız Veriler ise ; " & Round(GENLIK(1), 2) & " ile " & Round(GENLIK(count), 2) & _
Space(2) & " arasındadır. Lütfen Eşleştirme VERİLERİNİ DÜZELTİNİZ!!!", vbCritical, "DİKKAT!!!"

MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Visible = False
Exit Sub

Else
End If
MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Value = I
Next I

'b için
For I = 1 To say
IF YGENLIK_b(I) > GENLIK(I) Or YGENLIK_b(I) < GENLIK(count) Then
MsgBox "GENLİK Verileriniz ; " & Round(YGENLIKBUE_b, 2) & " ile " & Round(YGENLIKKU_b, 2) & " arasındadır." & Space(2) & _
"GERİLME Eşleştirmesi yaptığınız Veriler ise ; " & Round(GENLIK(1), 2) & " ile " & Round(GENLIK(count), 2) & Space(2) & _
" arasındadır. Lütfen Eşleştirme VERİLERİNİ DÜZELTİNİZ!!!", vbCritical, "DİKKAT!!!"

MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Visible = False
Exit Sub

Else
End If
MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Value = I
Next I

'c için
For I = 1 To say
IF YGENLIK_c(I) > GENLIK(I) Or YGENLIK_c(I) < GENLIK(count) Then
MsgBox "GENLİK Verileriniz ; " & Round(YGENLIKBUE_c, 2) & " ile " & Round(YGENLIKKU_c, 2) & " arasındadır." & Space(2) & _
"GERİLME Eşleştirmesi yaptığınız Veriler ise ; " & Round(GENLIK(1), 2) & " ile " & Round(GENLIK(count), 2) & Space(2) & _
" arasındadır. Lütfen Eşleştirme VERİLERİNİ DÜZELTİNİZ!!!", vbCritical, "DİKKAT!!!"

MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Visible = False
Exit Sub

Else
End If
MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Value = I
Next I

'd için
For I = 1 To say
IF YGENLIK_d(I) > GENLIK(I) Or YGENLIK_d(I) < GENLIK(count) Then
MsgBox "GENLİK Verileriniz ; " & Round(YGENLIKBUE_d, 2) & " ile " & Round(YGENLIKKU_d, 2) & " arasındadır." & Space(2) & _
"GERİLME Eşleştirmesi yaptığınız Veriler ise ; " & Round(GENLIK(1), 2) & " ile " & Round(GENLIK(count), 2) & Space(2) & _
" arasındadır. Lütfen Eşleştirme VERİLERİNİZİ DÜZELTİNİZ!!!", vbCritical, "DİKKAT!!!"

MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Visible = False
Exit Sub

Else

```

```
End If
MDIhizomurtestiProgressBar1.Value = I
Next I
```

Okunan yeni genlik dosyasında genlik değerlerine karşılık gelen kuvvet değerlerinin bulunması

' a sütununun hesabı

```
For I = 1 To say
    MDIhizomurtestiProgressBar1.Value = I
    For J = 1 To count
        If YGENLIK_a(I) = GENLIK(J) Then GoTo 45
        If YGENLIK_a(I) < GENLIK(J) Then GoTo 30
        GoTo 35
    10 If YGENLIK_a(I) > GENLIK(J + 1) Then YKUVVET_a(I) = (KUVVET(J) + ((YGENLIK_a(I) - GENLIK(J)) * (KUVVET(J + 1) - KUVVET(J))) / (GENLIK(J + 1) - GENLIK(J)))
    15 Next J
        GoTo 50
    15 YKUVVET_a(I) = KUVVET(J)
    30 Next I
```

' b sütununun hesabı

```
For I = 1 To say
    MDIhizomurtestiProgressBar1.Value = I
    For J = 1 To count
        If YGENLIK_b(I) = GENLIK(J) Then GoTo 90
        If YGENLIK_b(I) < GENLIK(J) Then GoTo 60
        GoTo 70
    30 If YGENLIK_b(I) > GENLIK(J + 1) Then YKUVVET_b(I) = (KUVVET(J) + ((YGENLIK_b(I) - GENLIK(J)) * (KUVVET(J + 1) - KUVVET(J))) / (GENLIK(J + 1) - GENLIK(J)))
    70 Next J
        GoTo 100
    30 YKUVVET_b(I) = KUVVET(J)
    100 Next I
```

' c sütununun hesabı

```
For I = 1 To say
    MDIhizomurtestiProgressBar1.Value = I
    For J = 1 To count
        If YGENLIK_c(I) = GENLIK(J) Then GoTo 180
        If YGENLIK_c(I) < GENLIK(J) Then GoTo 120
        GoTo 140
    120 If YGENLIK_c(I) > GENLIK(J + 1) Then YKUVVET_c(I) = (KUVVET(J) + ((YGENLIK_c(I) - GENLIK(J)) * (KUVVET(J + 1) - KUVVET(J))) / (GENLIK(J + 1) - GENLIK(J)))
    140 Next J
        GoTo 200
    180 YKUVVET_c(I) = KUVVET(J)
    200 Next I
```

d sütununun hesabı

```
For I = 1 To say
    MDIhizomurtestiProgressBar1.Value = I
    For J = 1 To count
        If YGENLIK_d(I) = GENLIK(J) Then GoTo 260
        If YGENLIK_d(I) < GENLIK(J) Then GoTo 240
        GoTo 280
    240 If YGENLIK_d(I) > GENLIK(J + 1) Then YKUVVET_d(I) = (KUVVET(J) + ((YGENLIK_d(I) - GENLIK(J)) * (KUVVET(J + 1) - KUVVET(J))) / (GENLIK(J + 1) - GENLIK(J)))
    280 Next J
        GoTo 400
    260 YKUVVET_d(I) = KUVVET(J)
    400 Next I
```

'Yeni_genlik.txt değerlerine karşılık gelen kuvvetlerin genlikleri hesaplanarak genlik.txt dosyasına yazdırılması

```
L1 = frmkesit.txtL1
Y1 = frmkesit.txtY1
Lx = frmkesit.txtLx
L2 = frmkesit.txtL2
Y2 = frmkesit.txtY2
lx = frmkesit.txtlx
```

```
MDIhizomurtestiProgressBar1.Visible = True
Open dosyaadik For Output As #1
```

```
For I = 1 To say
    MDIhizomurtestiProgressBar1.Value = I
    Print #1, Round((YKUVVET_a(I) * ((L1 * Y1 / Lx) + (L2 * Y2 / Lx))), 6), Round((YKUVVET_b(I) * ((L1 * Y1 / Lx) + (L2 * Y2 / Lx))), 6), Round((YKUVVET_c(I) * ((L1 * Y1 / Lx) + (L2 * Y2 / Lx))), 6), Round((YKUVVET_d(I) * ((L1 * Y1 / Lx) + (L2 * Y2 / Lx))), 6)
```

```
' frmconvert.txtconvert.SelText = YKUVVET_a(I) & Space(5) & YKUVVET_b(I) & YKUVVET_c(I) & Space(5) & YKUVVET_d(I) & vbCrLf
Next I
```

```
Close #1
MDIhizomurtestiProgressBar1.Visible = False
```

```
MsgBox "Genlik Sinyali Olusturuldu ve " & Space(2) & dosyaadik & Space(2) & " Dosyasına Yazdırıldı", vbInformation, "Bilgi"
```

```
End Sub
```

```
Public Sub default()
    frmkesit.txtL1.Text = 2000
    frmkesit.txtY1.Text = 133
    frmkesit.txtLx.Text = 29032046
    frmkesit.txtL2.Text = 790
    frmkesit.txtY2.Text = 92
    frmkesit.txtlx.Text = 60820480
End Sub
```

EK-F

' Peak_Valley & Rainflow Sayma Program

Option Explicit

Sub PeakRainBas()

```
Dim INP(1000000), INP_a(1000000), INP_b(1000000), INP_c(1000000), INP_d(1000000), ICN(1000000), MAT(1000, 1000), a(200000), JVT(1000000), INOW(1000000)
Dim IOLD(1000000), RQ(1000000), RGB(1000000), sayim(1000000), L(1000000), K(1000000)
Dim IOLD_a(1000000), IOLD_b(1000000), IOLD_c(1000000), IOLD_d(1000000), INOW_a(1000000), INOW_b(1000000), INOW_c(1000000), INOW_d(1000000)
Dim INEXT_a, INEXT_b, INEXT_c, INEXT_d
Dim IFILT, NSTART, NEND, INEXT, NM, N, C, cmax, cmin, I, CN, IV1, IV, IVMAX, IVMIN, M, BCYC, BU, Rcount, nout, CL, IUP, IVT, IVT2, NSKIP, count, F, IMAX
Dim KB, XMIN, X1, X2, total, ortalama, BUE
Dim P, X, Y, SUM, CNT, ALLOW, BLOW, SLOPE, RAINF, NA, NB, DA, DB, IREV, I, ISTART, IFUNC, IER, IV2, NOR, IVOLD, nak, IMIN, KA, IT, coun, XMEAN, RS
Dim RST, RMS, KII, IREVTOP
Dim Mesaj, Mesajk, baslik, baslikk, deger, degerk, dosyaadi, dosyaadik, Mypath, Myname, sut As String
```

fmccevrimsayma.ttrain.Text = ""

fmccevrimsayma.Caption = "PeakValley & Rainflow Sayma Program"

```
If Fmcyoltestdatasomuc.chkolddata.Value = 1 Then
    deger = "C:\lifeCycle\Gerilme_DATA\gerilme_yol_1.txt"
    degerk = "C:\lifeCycle\Gerilme_DATA\rainflowpeak_yol_1.wsn"
End If
If Fmcyoltestdatasomuc.chktestdata.Value = 1 Then
    deger = "C:\lifeCycle\Gerilme_DATA\gerilme_test_1.txt"
    degerk = "C:\lifeCycle\Gerilme_DATA\rainflowpeak_test_1.wsn"
End If
```

Mesaj = "Okunmasını istediğiniz dosya adı:"

baslik = "Okunacak dosya adı"

' deger = "C:\lifeCycle\Gerilme_DATA\gerilme_yol_1.txt"

```
13 dosyaadi = InputBox(Mesaj, baslik, deger)
If dosyaadi = Empty Then
    MsgBox "Lütfen dosya adını giriniz", vbExclamation, "Uyan!"
    GoTo 13
Else
    End If
Mypath = dosyaadi
Myname = Dir(Mypath, vbDirectory)
```

If Myname = "" Then

MsgBox "Okunmasını istediğiniz dosya <" & dosyaadi & "> bulunamadı!!!", vbExclamation, "Uyan!!!"

Exit Sub

End If

Mesajk = "Rainflow Verilerini Kaydetmek istediğiniz dosya adı:"

baslikk = "Kaydedilecek dosya adı"

' degerk = "C:\lifeCycle\Gerilme_DATA\rainflowpeak_yol_1.wsn"

```
14 dosyaadik = InputBox(Mesajk, baslikk, degerk)
If dosyaadik = Empty Then
    MsgBox "Lütfen dosya adını giriniz", vbExclamation, "Uyan!"
    GoTo 14
Else
    End If
```

' MsgBox "Hesaplamalar Yapıyorken Lütfen bekleyiniz!!! Şimdi Ok'ye basınız", vbExclamation, "Uyan!"

MDIhizometesti.ProgressBar1.Visible = True

'Verinin sayılması

MDIhizometesti.ProgressBar1.Visible = True

Open dosyaadi For Input As #1

Do While Not EOF(1)

NEND = NEND + 1

If fmccevrimsayma.optrainflow(0) = True Then

Input #1, INP(NEND), INP_b(NEND), INP_c(NEND), INP_d(NEND)

sut = "Ön Sol Tekerelek için"

End If

If fmccevrimsayma.optrainflow(1) = True Then

Input #1, INP_a(NEND), INP(NEND), INP_c(NEND), INP_d(NEND)

sut = "Ön Sağ Tekerelek için"

End If

If fmccevrimsayma.optrainflow(2) = True Then

Input #1, INP_a(NEND), INP_b(NEND), INP(NEND), INP_d(NEND)

sut = "Arka Sol Tekerelek için"

End If

If fmccevrimsayma.optrainflow(3) = True Then

Input #1, INP_a(NEND), INP_b(NEND), INP_c(NEND), INP(NEND)

sut = "Arka Sağ Tekerelek için"

End If

If fmccevrimsayma.optrainflow(4) = True Then


```

        Input #1, INP(NEND)
        sut = "Toplam"
    End If

' total = total + INP(NEND)
' RS = INP(NEND) ^ 2
' RST = RST + RS
Loop
Close #1

MDIhizomurtestiProgressBar1.Max = NEND
MDIhizomurtestiProgressBar1.Min = 0

' Ortalama ve RMS hesaplamalarının yapılması
' ortalama = total / NEND
' RMS = (RST / NEND) ^ 0.5

IFILT = 0
NSTART = 1
nout = 0
N = 1

If NSTART <> 1 Then
GoTo 101
Else
GoTo 111
End If

101 Open dosyaadi For Input As #1

    NM = NSTART - 1

    Do While NM
        CL = CL + 1

        If fmccevrimsayma.optrainflow(0) = True Then
            Input #1, INP(CL), INP_b(CL), INP_c(CL), INP_d(CL)
        End If
        If fmccevrimsayma.optrainflow(1) = True Then
            Input #1, INP_a(CL), INP(CL), INP_c(CL), INP_d(CL)
        End If
        If fmccevrimsayma.optrainflow(2) = True Then
            Input #1, INP_a(CL), INP_b(CL), INP(CL), INP_d(CL)
        End If
        If fmccevrimsayma.optrainflow(3) = True Then
            Input #1, INP_a(CL), INP_b(CL), INP_c(CL), INP(CL)
        End If
        If fmccevrimsayma.optrainflow(4) = True Then
            Input #1, INP(CL)
        End If

        N = N + 1

    Loop
    Close #1

' İlk Noktanın elde edilmesi

111 Open dosyaadi For Input As #1

    nout = nout + 1

    If fmccevrimsayma.optrainflow(0) = True Then
        Input #1, IOLD(nout), IOLD_b(nout), IOLD_c(nout), IOLD_d(nout)
    End If
    If fmccevrimsayma.optrainflow(1) = True Then
        Input #1, IOLD_a(nout), IOLD(nout), IOLD_c(nout), IOLD_d(nout)
    End If
    If fmccevrimsayma.optrainflow(2) = True Then
        Input #1, IOLD_a(nout), IOLD_b(nout), IOLD(nout), IOLD_d(nout)
    End If
    If fmccevrimsayma.optrainflow(3) = True Then
        Input #1, IOLD_a(nout), IOLD_b(nout), IOLD_c(nout), IOLD(nout)
    End If
    If fmccevrimsayma.optrainflow(4) = True Then
        Input #1, IOLD(nout)
    End If

121 N = N + 1

    If fmccevrimsayma.optrainflow(0) = True Then
        Input #1, INOW(nout), INOW_b(nout), INOW_c(nout), INOW_d(nout)
    End If
    If fmccevrimsayma.optrainflow(1) = True Then
        Input #1, INOW_a(nout), INOW(nout), INOW_c(nout), INOW_d(nout)
    End If

```

```

If fmccevrimsayma.optrainflow(2) = True Then
    Input #1, INOW_a(nout), INOW_b(nout), INOW(nout), INOW_d(nout)
End If
If fmccevrimsayma.optrainflow(3) = True Then
    Input #1, INOW_a(nout), INOW_b(nout), INOW_c(nout), INOW(nout)
End If
If fmccevrimsayma.optrainflow(4) = True Then
    Input #1, INOW(nout)
End If

If INOW(nout) = IOLD(nout) Then GoTo 121

' Eğrinin yerleştirilmesi

IUP = -1
If INOW(nout) > IOLD(nout) Then IUP = 1

' İlk okuma değere göre eğrinin yerleştirilmesi
201 GoTo 231
' Bir sonraki noktanın okunması
231 N = N + 1

' peak nokta için gerekli kontrolün yapılması
If N > NEND Then GoTo 501

If fmccevrimsayma.optrainflow(0) = True Then
    Input #1, INEXT, INEXT_b, INEXT_c, INEXT_d
End If
If fmccevrimsayma.optrainflow(1) = True Then
    Input #1, INEXT_a, INEXT, INEXT_c, INEXT_d
End If
If fmccevrimsayma.optrainflow(2) = True Then
    Input #1, INEXT_a, INEXT_b, INEXT, INEXT_d
End If
If fmccevrimsayma.optrainflow(3) = True Then
    Input #1, INEXT_a, INEXT_b, INEXT_c, INEXT
End If
If fmccevrimsayma.optrainflow(4) = True Then
    Input #1, INEXT
End If

If INEXT = INOW(nout) Then GoTo 201
If INEXT < INOW(nout) Then GoTo 401

' Eğer peak nokta gereğinden fazla büyükse yokluğu temsil eder

If IUP = 1 Then

' Bir ters dönme yoksa INOW'ı ihmal et ve INEXT'i yeni dönme olarak al
INOW(nout) = INEXT
GoTo 201
End If

' IUP yeterli büyüklükte olup olmadığı kontrolünün yapılması

If (INEXT - INOW(nout)) < IFILT Then

' Şayet bu dönme gereğinden fazla küçükse ihmal et
GoTo 201
End If
' Eğer değer IFILT den daha büyükse yönü değişmekte ve INOW bir dönme olmakta
nout = nout + 1

' fmccevrimsayma.txtrain.SetText = INOW(nout) & vbCrLf

IOLD(nout) = INOW(nout)
INOW(nout) = INEXT
IUP = 1
GoTo 201

401 GoTo 451

' INEXT aşağıya giden değer olmakta ve bir önceki yokuş yönü kontrolü yapılmakta
451 If IUP = -1 Then

' Aynı yön kabulü yapılmakta

INOW(nout) = INEXT
GoTo 201
End If

' Yönde bir değişim olduğunda yeterli büyüklükte olup olmadığının kontrolü

If (INOW(nout) - INEXT) < IFILT Then
' Oldukça küçükse
GoTo 201
End If

```

```

' Yeterli Büyüklükteyse
nout = nout + 1

IOLD(nout) = INOW(nout)
INOW(nout) = INEXT

IUP = -1
GoTo 201

501 GoTo 511

511 nout = nout + 1

Close #1
' MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Max = nout
' Peak_Valley Verilerinin dosyaya yazdırılması
' C = 1
' Open "C:\lifeCycle\PeakKuvvet.txt" For Output As #1
' Print #1, IOLD(1)
' frmcevrimsayma.txttrainSelText = C & Space(5) & IOLD(1) & vbCrLf
' For I = 1 To nout - 1
' C = C + 1
' Print #1, INOW(I)
' frmcevrimsayma.txttrainSelText = C & Space(5) & INOW(I) & vbCrLf
' MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Value = I
' Next I
' Close #1

*****
|
' RAINFLOW SAYMA PROGRAMI

MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Max = nout
CN = 1
ICN(1) = IOLD(1)
total = ICN(1)
RS = ICN(1) ^ 2
RST = RS
For I = 1 To nout
CN = CN + 1
ICN(CN) = INOW(I)
total = total + ICN(CN)
RS = ICN(CN) ^ 2
RST = RST + RS
MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Value = I

Next I

MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Visible = True
MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Max = NEND
MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Min = 0

' Ortalama ve RMS hesaplamalarının yapılması
ortalama = total / CN
RMS = (RST / CN) ^ 0.5

' Maksimum ve Minimum değerin bulunması

Let IVMAX = ICN(1): Let IVMIN = ICN(1)

For I = 2 To CN - 1
If ICN(I) <= IVMAX Then GoTo 2
Let IVMAX = ICN(I)
2 If ICN(I) >= IVMIN Then GoTo 3
Let IVMIN = ICN(I)
MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Value = I
3 Next I

' Yukarıda okunan verilerin Rainflow da işlenmesi
IFUNC = 0
IVT = IVMAX
IVT2 = IVMIN

GoTo 8888

1111 If IER <> 0 Then
MsgBox "IER=" & IER & " <> 0'dan farklı olduğunda HATA oluştu!!! ", vbExclamation, "Uyarı!"
Exit Sub
End If

' İlk iki noktanın alınması, ve bunların yarım çevrim olup
' olmadıklarına bakılması 1/2 çevrimin IVMAX ve IVMIN için
' tanımlanmış toplam dağılım için yeterli büyüklükte
' olması gereklidir.

4 N = 1

```

```

I = ICN(N)
5 IV1 = I
  IF IV1 > IVMAX Or IV1 < IVMIN Then

' fmccevrimsayma.txttrain.SetText = "Dağılım Hatası : V=" & IV1 & Space(5) & "N=" & N & vbCrLf
  MsgBox "Dağılım Hatası : V=" & IV1 & Space(5) & "N=" & N, vbExclamation, "Uyanı!"
  Exit Sub
End If
7 N = 2
  I = ICN(N)

8 IV2 = I
  IF IV2 > IVMAX Or IV2 < IVMIN Then

' fmccevrimsayma.txttrain.SetText = "Dağılım Hatası : V=" & IV2 & Space(5) & "N=" & N & vbCrLf
  MsgBox "Dağılım Hatası : V=" & IV2 & Space(5) & "N=" & N, vbExclamation, "Uyanı!"
  Exit Sub
End If

IFUNC = -1
IVT = IV1
IVT2 = IV2

GoTo 8888

'2222 ' IFIER <> 0 Then Stop
2222 ' IFIER <> 0 Then
  MsgBox "Dağılım Hatası : IER=" & IER & " <>0", vbExclamation, "Uyanı!"
  Exit Sub
End If

' İlk iki nokta kabul edilmiş olup, diğer verilerin değerlendirilmesi

NSKIP = 0
NOR = 0
IVOLD = IV2

10 IF N = CN - 1 Then GoTo 20
  N = N + 1
  IV = ICN(N)

12 IF IV > IVMAX Or IV < IVMIN Then

' fmccevrimsayma.txttrain.SetText = "Dağılım Hatası : V=" & IV & Space(5) & "N=" & N & vbCrLf
  MsgBox "Dağılım Hatası : V=" & IV & Space(5) & "N=" & N, vbExclamation, "Uyanı!"
  NOR = NOR + 1
  GoTo 10
End If

' Son veri değerine eşit olup olmadığının kontrolü

IF IV = IVOLD Then
  NSKIP = NSKIP + 1
  GoTo 10
End If

IFUNC = 1
IVT = IV
IVT2 = IV2
GoTo 8888

3333 IFIER = 0 Then
  IVOLD = IV
  GoTo 10
End If

' HAYIR?
15 IFIER = 1 Then
  NSKIP = NSKIP + 10
  GoTo 10
End If

' Diğer bir hata varsa programı durdur
MsgBox "Hata OLUŞTU!!!", vbExclamation, "Uyanı!"
Exit Sub

' Verilerin okunmasının sonu

20 IFUNC = 100
  IVT = IV
  IVT2 = IV2

GoTo 8888

' Rainflow sonuçlarının ekrana ve Dosyaya yazdırılması

4444 'Büyükten küçüğe sıralama işleminin yapılması

```



```

MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Max = count

For I = 1 To count - 1
For J = I + 1 To count

If RG(sayim(J)) < RG(sayim(I)) Then GoTo 1001

Let BU = RG(sayim(J))
Let BCYC = JVT(sayim(J))
Let RG(sayim(J)) = RG(sayim(I))
Let JVT(sayim(J)) = JVT(sayim(I))
Let RG(sayim(I)) = BU
Let JVT(sayim(I)) = BCYC

MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Value = I
1001 Next J
Next I

Open dosyaadik For Output As #1

Rcount = 0
For I = 1 To count
MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Value = I
If RG(sayim(I)) <> RG(sayim(I + 1)) Then GoTo 1002
Rcount = Rcount + JVT(sayim(I))
RGB(Rcount) = RG(sayim(I))
GoTo 1003
1002 Rcount = Rcount + JVT(sayim(I))
RGB(Rcount) = RG(sayim(I))
nok = nok + 1
L(nok) = Rcount
K(nok) = RGB(Rcount)

Print #1, RGB(Rcount), Rcount
' For J = 1 To Rcount
' Print #1, RGB(Rcount) / 2
' Print #1, -RGB(Rcount) / 2
' Next J

'Sonuçların ekranda gösterimi
If fmcevrimsayma.chksonuc.Value = 1 Then
fmcevrimsayma.txtrain.SetText = Space(22) & RGB(Rcount) & Space(45) & Rcount & vbCrLf
End If
Rcount = 0

MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Value = 1
1003 Next I

Print #1, IREVTOP, nok

MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Visible = False

fmcevrimsayma.txtrain.SetText = "*****" & vbCrLf

fmcevrimsayma.txtrain.SetText = sut & Space(2) & "Peak_Valley VERİSİ.....=" & nout & vbCrLf
fmcevrimsayma.txtrain.SetText = sut & Space(2) & "Farklı VERİ.....=" & nok & vbCrLf
fmcevrimsayma.txtrain.SetText = sut & Space(2) & "Rainflow Çevrimi.....=" & IREVTOP & vbCrLf
fmcevrimsayma.txtrain.SetText = sut & Space(2) & "Okunan VERİ.....=" & NEND & vbCrLf
fmcevrimsayma.txtrain.SetText = sut & Space(2) & "Maksimum.....=" & Round(TVMAX, 2) & vbCrLf
fmcevrimsayma.txtrain.SetText = sut & Space(2) & "Minimum.....=" & Round(TVMIN, 2) & vbCrLf
fmcevrimsayma.txtrain.SetText = sut & Space(2) & "Ortalama.....=" & Round(ortalama, 6) & vbCrLf
fmcevrimsayma.txtrain.SetText = sut & Space(2) & "RMS.....=" & Round(RMS, 3) & vbCrLf
fmcevrimsayma.txtrain.SetText = "*****" & vbCrLf

' fmcevrimsayma.txtrain.SetText = "Okunan Veri=" & N & Space(5) & "Dağılım dışında kalan veri sayısı=" & NOR & Space(5) & "Atlanan veri sayısı=" & NSKIP & vbCrLf
Close #1

'Sıklık Grafiğinin çizdirilmesi

If fmcevrimsayma.chkreinflow.Value = 1 Then

fmreingrafik1.picreinflow.Cls

If fmcevrimsayma.optrainflow(0) = True Then
fmreingrafik1.Caption = "Ön Sol Tekedek için Sıklık Grafiği"
End If
If fmcevrimsayma.optrainflow(1) = True Then
fmreingrafik1.Caption = "Ön Sağ Tekedek için Sıklık Grafiği"

```

```

End If
If fmccevrimsayma.optrainflow(2) = True Then
    fmraingrafik1.Caption = "Arka Sol Tekerlek için Sıkık Grafiği"
End If
If fmccevrimsayma.optrainflow(3) = True Then
    fmraingrafik1.Caption = "Arka Sağ Tekerlek için Sıkık Grafiği"
End If
If fmccevrimsayma.optrainflow(4) = True Then
    fmraingrafik1.Caption = "Toplam Sıkık Grafiği"
End If
Set fmraingrafik1.picrainflow = LoadPicture("", 0, 0, 4)
fmraingrafik1.SetFocus
fmraingrafik1.WindowState = 0
fmraingrafik1.PicCLSG.Visible = False
fmraingrafik1.PicsigmaK.Visible = False
fmraingrafik1.Framerainflow.Visible = True
fmraingrafik1.picrainflow.Visible = True

F = 1

fmraingrafik1.picrainflow.ScaleMode = 6
fmraingrafik1.picrainflow.ScaleHeight = K(1) + 5
fmraingrafik1.picrainflow.ScaleLeft = 0
fmraingrafik1.picrainflow.ScaleTop = 0
fmraingrafik1.picrainflow.ScaleWidth = IREV + 5
fmraingrafik1.picrainflow.DrawWidth = 2
fmraingrafik1.picrainflow.ForeColor = &HC0000

fmraingrafik1.picrainflow.Line (1, (K(1) + 5) / 2 - ((IREV + 5) - 1, (K(1) + 5) / 2)
fmraingrafik1.picrainflow.Line (1, 1) - (1, (K(1) + 5) - 1)

fmraingrafik1.picrainflow.DrawWidth = 1
fmraingrafik1.picrainflow.ForeColor = &HFF&

For I = 1 To nok
    For J = 1 To L(Q)

        fmraingrafik1.picrainflow.Line (F, Abs((K(1) + 5) / 2 - Abs(K(I) / 2))) - (F + 1, Abs((K(1) + 5) / 2 - Abs(K(I) / 2)))
        fmraingrafik1.picrainflow.Line (F, Abs((K(1) + 5) / 2 + Abs(K(I) / 2))) - (F + 1, Abs((K(1) + 5) / 2 + Abs(K(I) / 2)))
        fmraingrafik1.picrainflow.Line (L(Q) + F, Abs((K(1) + 5) / 2 - Abs(K(I) / 2))) - (L(Q) + F, ((K(1) + 5) / 2 + Abs(K(I) / 2)))

    Next J
    F = L(Q) + F
Next I
End If
GoTo 9999

' IFUNC değişkeni aşağıda görüldüğü gibi Rainflow çalışmasını kontrol etmektedir.
' IFUNC = 0 : IVT, IVT2 değeri gerçekte IMAX,IMIN değerleri olmaktadır.
'   = -1 : IVT,IVT2 değeri çalışmanın ilk iki değeri olmakta
'   = 1 : Normal çalışma verisi IVT de sayılacaktır
'   = 100: Sonuçların yazdırılması

8888 IER = 0
    If IFUNC = 1 Then GoTo 166
    If IFUNC = 100 Then GoTo 666
    If IFUNC = -1 Then GoTo 730
    If IFUNC = 0 Then GoTo 2000
    IER = 1

' fmccevrimsayma.txttrain.SetText = " Rainflow hatası:IFUNC=" & IFUNC & vbCrLf
MsgBox " Rainflow hatası:IFUNC=" & IFUNC, vbExclamation, "Uyan!"
GoTo 1111

2000 IMAX = (IVT)
    IMIN = (IVT2)

' Rainflow matrisin izlene bilmesi için A ve B değerleri bölünmekte

NA = 1000
NB = 1000

' IMIN'i matrisin ilk elemanı IMAX'ı ise NA' ci elemanı olarak farz edilmekte

DA = (IMAX - IMIN) / (NA - 1)
ALOW = (IMIN - DA * 0.5)
DB = (IMAX - IMIN) / (NB - 1)
BLOW = (IMIN - DB * 0.5)

' ALOW ve BLOW matrisin alt değerleridir.

CNT = 0
SUM = 0
IREV = 0
J = 0

```

```

M = 2

For KA = 1 To NA
For KB = 1 To NB
MAT(KA, KB) = 0

69 Next KB, KA
  ISTART = 1
GoTo 1111

' MAX ve MIN başlangıç bölümünün sona ermesi
' İlk iki peak değerin alınması

750 e(1) = Fix(IVT)
    e(2) = Fix(IVT2)

    If e(1) = e(2) Then
      IER = 1

' fmccevrimsayma.txttrain.SelText = "Rainflow Hatası: 1.Nokta & 2.Nokta=" & e(1) & " & " & e(2) & vbCrLf
' MsgBox "Rainflow Hatası: 1.Nokta & 2.Nokta=" & e(1) & " & " & e(2), vbExclamation, "Uyan!"

    End If
2005 SLOPE = 1
    If e(1) > e(2) Then SLOPE = -1

GoTo 2222

' Çevrimin sayılması

166 P = Fix(IVT)
    M = M + 1
    SLOPE = -SLOPE
    e(M) = P

22 If M < ISTART + 1 Then GoTo 3333
    X = SLOPE * (e(M) - e(M - 1))

    If X <= 0 Then GoTo 200
    If M < (ISTART + 2) Then GoTo 3333
    Y = SLOPE * (e(M - 2) - e(M - 1))

    If X < Y Then GoTo 3333
    If X = Y And ISTART = (M - 2) Then GoTo 3333
    If X > Y And ISTART = (M - 2) Then GoTo 44
    If X >= Y And ISTART <> (M - 2) Then GoTo 55

44 ISTART = ISTART + 1

GoTo 3333

' Loop kapatıldı çevrimin sayılması

55 SUM = SUM + 1

    KA = ((e(M - 1) - ALOW) / DA) + 1
    KB = ((e(M - 2) - BLOW) / DB) + 1

    If KA > KB Then
      IT = KA
      KA = KB
      KB = IT
    End If

' MAX(sütun), MIN(satır) matrisin oluşturulması
MAT(KA, KB) = MAT(KA, KB) + 1
' fmccevrimsayma.txttrain.SelText = "Sayılan Çevrim" & _
' SUM & Space(2) & "1.Nokta=" & e(M - 1) & Space(2) & "2.Nokta=" & e(M - 2) & _
' Space(2) & "KA,KB=" & KA & ", " & KB & vbCrLf
' fmccevrimsayma.txttrain.SelText = "MAT(" & KA & ", " & KB & ")=" & MAT(KA, KB) & vbCrLf
M = M - 2
e(M) = e(M + 2)
GoTo 22

' Veri girişinin sonu Push down listin boşaltılması

666 J = J + 1
    If J > ISTART Then GoTo 999
    M = M + 1
    SLOPE = -SLOPE
    e(M) = e(J)

667 If M < (ISTART + 1) Then GoTo 666
    X = SLOPE * (e(M) - e(M - 1))
    If X <= 0 Then GoTo 300

```

```

IF N < (ISTART + 2) Then GoTo 666
Y = SLOPE * (e(M - 2) - e(M - 1))

If (X < Y) Then GoTo 666

668 CNT = CNT + 1

KA = ((e(M - 1) - ALOW) / DA) + 1
KB = ((e(M - 2) - BLOW) / DB) + 1

' Satır üzerinde MIN değerin kontrol edilmesi
If KA > KB Then
    IT = KA
    KA = KB
    KB = IT
End If

' MAX(sütun);MIN(satır) matrisin oluşturulması
MAT(KA, KB) = MAT(KA, KB) + 1

' fmccevrimsayma.txttrain.SetText = "P.D. Çevrim listesi ." & CNT & Space(5) & "1.Nokta=" & _
' e(M - 1) & Space(5) & "2.Nokta=" & e(M - 2) & Space(5) & "MAT(" & KA & "," & _
' KB & ")" & MAT(KA, KB) & vbCrLf

M = M - 2
e(M) = e(M + 2)
GoTo 667

200 M = M - 1
SLOPE = -SLOPE
GoTo 22

300 M = M - 1
e(M) = e(M + 1)
SLOPE = -SLOPE
GoTo 667

' Rainflow Sayma Çevrimi Tamamlandı, Sonuçların ekrana yazdırılması

999 IREV = CNT + SUM

9110 fmccevrimsayma.txttrain.SetText = "*****" & vbCrLf
fmccevrimsayma.txttrain.SetText = Space(15) & " RAINFLOW SAYMA PROGRAMI SONUÇLARI " & vbCrLf

fmccevrimsayma.txttrain.SetText = "*****" & vbCrLf
fmccevrimsayma.txttrain.SetText = "*****" & Space(8) & "süt" & Space(2) & "Değerler" & Space(8) & "*****" & vbCrLf
fmccevrimsayma.txttrain.SetText = "*****" & vbCrLf
fmccevrimsayma.txttrain.SetText = Space(10) & "****Genlik Menzili****" & Space(10) & "****Çevrim(n)****" & vbCrLf
fmccevrimsayma.txttrain.SetText = "*****" & vbCrLf

XMIN = ALOW + DA / 2

For I = 1 To NA
    For J = 1 To NB
        coun = coun + 1
        JVT(coun) = MAT(I, J)
        If JVT(coun) = 0 Then GoTo 9150
        X1 = Int(J - 1) * DB + XMIN
        X2 = Int(I - 1) * DA + XMIN
        RG(coun) = Round(Abs(X1 - X2), 4)
        XMEAN = Round((X1 + X2) / 2, 4)
        If RG(coun) = 0 Then GoTo 9150
        count = count + 1
        sayim(count) = coun
        IREVTOP = IREVTOP + JVT(coun)
        ' Print #1, RG(count), XMEAN, JVT(count)
        ' fmccevrimsayma.txttrain.SetText = RG(count) & Space(5) & XMEAN & Space(5) & JVT(count) & vbCrLf
        ' fmccevrimsayma.txttrain.SetText = RG(count) & Space(5) & JVT(count) & vbCrLf

9150 Next J, I
    RG(count) = 0
    XMEAN = 0
    JVT(count) = 0

' fmccevrimsayma.txttrain.SetText = RG(count) & Space(5) & XMEAN & Space(5) & JVT(count) & vbCrLf

GoTo 4444
9999 'Close #1

End Sub

```

EK-G

'HASAR'ın Hesap edilmesi WÖHLER Eğrisi Oluşturma Programı

Option Explicit

Dim YB1(100000), YB2(100000), Range(100000), ncrvc(100000), N(100000), NS(100000), D(100000), a(100000), woh(1000)
Dim X, I, C, sigmaK, sigmaA, CL, CS, CG, sigmab1, sigmab2, X1, X2, KATN, constant, nokl
Dim Mesaj, deger, baslik, dosyaadi, count, IREV, nok, toplN, Damage, F, J, aN, LifeN, sut, ECHMB
Dim MesajK, degerK, baslikK, dosyaadiK, Retval, DamageS, aNS, LifeNS, KAT, H, Myppath, Myname

Sub wohler()

fmccevrimsayma.txttrain.Text = ""
fmccevrimsayma.Caption = "HASAR"

' Genlik verilerine karşılık gelen çevrim değerlerinin elde edilmesi

If Fmcyoltestdatasoouc.chkolddata.Value = 1 Then
deger = "C:\lifecycle\Genlme_DATA\rainflowpeak_yol_1.wsn"
End If
If Fmcyoltestdatasoouc.chktestdata.Value = 1 Then
deger = "C:\lifecycle\Genlme_DATA\rainflowpeak_test_1.wsn"
End If

Mesaj = "Okunmasını istediğiniz dosya adı:"
baslik = "Okunacak Genlik Dosyası adı :"
deger = "C:\lifecycle\Genlme_DATA\rainflowpeak.wsn"

55 dosyaadi = InputBox(Mesaj, baslik, deger)
If dosyaadi = Empty Then
MsgBox "Lütfen dosya adını giriniz", vbExclamation, "Uyarı!"
GoTo 55
Else
End If

Myppath = dosyaadi
Myname = Dir(Myppath, vbDirectory)

If Myname = "" Then

MsgBox "Okunması gereken dosya <" & Myppath & "> bulunamadı!!!", vbExclamation, "Uyarı!!!"
Exit Sub
End If

If fmccevrimsayma.optrainflow(0) = True Then
sut = "Ön Sol Tekerek için"
End If
If fmccevrimsayma.optrainflow(1) = True Then
sut = "Ön Sağ Tekerek için"
End If
If fmccevrimsayma.optrainflow(2) = True Then
sut = "Arka Sol Tekerek için"
End If
If fmccevrimsayma.optrainflow(3) = True Then
sut = "Arka Sağ Tekerek için"
End If
If fmccevrimsayma.optrainflow(4) = True Then
sut = "Toplam"
End If

sigmaK = fmccevrimsayma.txtsigmaK.Text Kopma Gerilmesi

sigmaA = 0.9 * sigmaK 'Malzemenin kırılması için gerekli olan gerilme genişliği kopma gerilmesinin 0.9 katıdır

fmccevrimsayma.txtsigmaA.Text = sigmaA

'sigmab1 = 0.5 * sigmaK 'Malzemenin kırılması için gerekli olan gerilme
'genliği kopma gerilmesinin 0.5 katıdır.(Demir kökenli malzemeler için)

fmccevrimsayma.txtsigmab1.Text = sigmab1

CL = fmccevrimsayma.txtCL.Text 'Yükleme Katsayısı
CS = fmccevrimsayma.txtCS.Text 'Yüzey Katsayısı
CG = fmccevrimsayma.txtCG.Text 'Gradyant Katsayısı

sigmab2 = CL * CS * CG * 0.5 * sigmaK 'Sürekli Mukavemet Sınırı başlangıç noktası

fmccevrimsayma.txtsigmab2.Text = sigmab2
X1 = 10 ^ 3 '10^3 çevrim
X2 = 10 ^ 6 '10^6 çevrim

count = 0

MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Visible = True

Open dosyaadi For Input As #1


```

Do While Not EOF(1)
    count = count + 1
    Input #1, Range(count), ncyc(count)      'Gerilme menzili (range) ve çevrim değerlerinin okunması
    woh(count) = Range(count) / 2            'Gerçek gerilme değerine çevrilmesi
    Loop
    IREV = Range(count)
    nok = ncyc(count)

Close #1

' sigmaA, sigmaB1 ve sigmaB2 değerlerinin okutulacak gerilme değerleriyle karşılaştırılması

If woh(1) <= sigmaB2 Then

MsgBox "GERİLME Datalarınız: " & Round(woh(1), 3) & " ile " & Round(woh(nok), 3) _
& " arasındadır." & Space(2) & " Seçtiğiniz Malzemenin GERİLME aralığı: " & Round(sigmaA, 3)
& " ile " & Round(sigmaB2, 3) & Space(2) & " arasındadır. Lütfen Malzeme Özelliklerini DÜZELTİNİZ!", vbCritical, "DİKKAT!!!"

MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Visible = False
Exit Sub
Else
End If

' MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Visible = True
' MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Max = nok
' MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Min = 0

' HASAR ile ilgili hesaplamalar

' Malzemenin Wohler eğrisinin gerilme verisi (nok) sayısına göre çevrim NS(I) değerlerinin belirlenmesi

NS(1) = X1
NS(nok) = X2
KAT = (X2 - X1) / nok

For I = 2 To nok - 1
    NS(I) = NS(I - 1) + KAT

    MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Value = I
Next I

dosyaadik = "C:\lifecycle\wohler.mlf"      'Matlab Wohlerchart.exe in okuyacağı veri

Open dosyaadik For Output As #1            'Gerilme-Çevrim verilerinin dosyaya yazdırılması

' Malzemenin NS(I) çevrim değerlerine karşılık gelen Gerilme (YB1(I)) değerlerinin bulunması
' ve Wohler eğrisinde Gerilme değerlerine karşılık gelen Çevrim(N(I)) değerlerinin hesaplanması

Damage = 0: aN = 0: nok1 = 0

fmccevrimsayma.txttrain.SetText = "*****" & vbCrLf
fmccevrimsayma.txttrain.SetText = "GENLİK DOSYASININ WÖHLER GRAFİĞİ DEĞERLERİ " & vbCrLf
fmccevrimsayma.txttrain.SetText = "*****" & vbCrLf
fmccevrimsayma.txttrain.SetText = "*****" & Space(3) & "süt" & Space(2) & "Değerler" & Space(3) & "*****" & vbCrLf
fmccevrimsayma.txttrain.SetText = "*****" & vbCrLf
fmccevrimsayma.txttrain.SetText = "****Gerilme(N/mm2)****" & Space(10) & "****Çevrim(N)****" & vbCrLf
fmccevrimsayma.txttrain.SetText = "*****" & vbCrLf

For I = 1 To nok

    YB1(I) = sigmaA + (((NS(I) - X1) * (sigmaB2 - sigmaA)) / (X2 - X1))

    If woh(I) >= sigmaA Or woh(I) <= sigmaB2 Then GoTo 40

    N(I) = X1 + (((woh(I) - sigmaA) * (X1 - X2)) / (sigmaA - sigmaB2)) ' Ni çevrim sayısının hesabı, hesaplar sürekli mukavemet sınır "sigmaB2" ye göre yapılmakta

    TOPLAM HASARIN hesaplanması

    D(I) = ncyc(I) / N(I)
    Damage = Damage + D(I) 'Toplam HASAR Sürekli Mukavemet için
    ' a(I) = ncyc(I) / IREV
    ' aN = aN + a(I) / N(I)

    nok1 = N(I)

    'Sonuçların ekranda gösterimi
    If fmccevrimsayma.chksonuc.Value = 1 Then
        fmccevrimsayma.txttrain.SetText = Space(15) & Round(woh(I), 2) & Space(45) & Fix(N(I)) & vbCrLf
    End If

40 Print #1, woh(I), Fix(N(I)), YB1(I), Fix(NS(I))

    MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Value = I

Next I

```

Close #1

LifeN = Damage / aN 'Sürekli Mukavet için Ömür hesabı

'Sonuçların ekrana yazdırılması

MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Visible = False

fmccevrimsayma.txttrainSelText = "*****" & vbCrLf

fmccevrimsayma.txttrainSelText = sut & Space(2) & "[N] = " & Fix(nok1) & vbCrLf

fmccevrimsayma.txttrainSelText = sut & Space(2) & "[H A S A R] = " & Round(Damage, 3) & vbCrLf

fmccevrimsayma.txttrainSelText = "*****" & vbCrLf

'fmccevrimsayma.txttrainSelText = "ÖMÜR : " & Round(LifeN, 4) & Space(2) & "cycle" & vbCrLf

'Birlikim Grafiğinin çizdirilmesi

If fmccevrimsayma.chktrainflow.Value = 1 Then

If fmccevrimsayma.optrainflow(0) = True Then

fmraingrafik1.Caption = "Ön Sol Tekerlek için Birlikim Grafiği"

End If

If fmccevrimsayma.optrainflow(1) = True Then

fmraingrafik1.Caption = "Ön Sağ Tekerlek için Birlikim Grafiği"

End If

If fmccevrimsayma.optrainflow(2) = True Then

fmraingrafik1.Caption = "Arka Sol Tekerlek için Birlikim Grafiği"

End If

If fmccevrimsayma.optrainflow(3) = True Then

fmraingrafik1.Caption = "Arka Sağ Tekerlek için Birlikim Grafiği"

End If

If fmccevrimsayma.optrainflow(4) = True Then

fmraingrafik1.Caption = "Toplam Birlikim Grafiği"

End If

Set fmraingrafik1.picrainflow = LoadPicture("")

fmraingrafik1.SetFocus

fmraingrafik1.WindowState = 0

fmraingrafik1.PicCLSG.Visible = False

fmraingrafik1.PicsigmaK.Visible = False

fmraingrafik1.Framerainflow.Visible = True

fmraingrafik1.picrainflow.Visible = True

F = 1

fmraingrafik1.picrainflow.ScaleMode = 6

fmraingrafik1.picrainflow.ScaleHeight = Range(1) + 5

fmraingrafik1.picrainflow.ScaleLeft = 0

fmraingrafik1.picrainflow.ScaleTop = 0

fmraingrafik1.picrainflow.ScaleWidth = IREV + 5

fmraingrafik1.picrainflow.DrawWidth = 2

fmraingrafik1.picrainflow.ForeColor = &HC00000

fmraingrafik1.picrainflow.Line (1, (Range(1) + 5) / 2 - ((IREV + 5) - 1, (Range(1) + 5) / 2))

fmraingrafik1.picrainflow.Line (1, 1) - (1, (Range(1) + 5) - 1)

fmraingrafik1.picrainflow.DrawWidth = 1

fmraingrafik1.picrainflow.ForeColor = &HFF&

Range(nok + 1) = 0

For I = 1 To nok

For J = 1 To ncyc(I)

fmraingrafik1.picrainflow.Line (F, Abs((Range(1) + 5) / 2 - Abs(Range(I) / 2))) - (F + J, Abs((Range(1) + 5) / 2 - Abs(Range(I) / 2)))

fmraingrafik1.picrainflow.Line (ncyc(I) + F, Abs((Range(1) + 5) / 2 - Abs(Range(I) / 2))) - (ncyc(I) + F, Abs((Range(1) + 5) / 2 - Abs(Range(I + 1) / 2)))

Next J

F = ncyc(I) + F

Next I

End If

End Sub

Sub default()

fmccevrimsayma.txtsigmaK.Text = 370

fmccevrimsayma.txtCL.Text = 1

fmccevrimsayma.txtCS.Text = 0.55

fmccevrimsayma.txtCG.Text = 0.9

End Sub

Sub defaultB()

fmrBhesap.txtsigmaK.Text = 370

fmrBhesap.txtCL.Text = 1

fmrBhesap.txtCS.Text = 0.55

fmrBhesap.txtCG.Text = 0.9

End Sub

EK-H

'**** Level Crossing Sayma Program ****'

Option Explicit

Public Sub levelcrossing()

Dim INP(1000000), INP_a(1000000), INP_b(1000000), INP_c(1000000), INP_d(1000000)
Dim NEND, BCYC, EU, total, ortalama, I, I, C, RS, RST, RMS, IVMAX, IVMIN, HAS, LC, GER, X, Y, X1, X2, Y1, Y2, GERHAS
Dim Mesaj, Mesajk, baslik, baslikk, deger, degerk, dosyaadi, dosyaadik, Mypath, Mynama, sut As String

frmlevelcrossing.txtlevelcrossing.Text = ""

frmlevelcrossing.Caption = "Level_Crossing Sayma Program"

If Fmmyotestdatasonuc.chkolddata.Value = 1 Then
deger = "C:\lifecycle\Genlme_DATA\genlme_yol_1.txt"
degerk = "C:\lifecycle\Level_C&Peak_V_DATA\Levelcrossing_yol_1.Lcr"
End If
If Fmmyotestdatasonuc.chktestdata.Value = 1 Then
deger = "C:\lifecycle\Genlme_DATA\genlme_test_1.txt"
degerk = "C:\lifecycle\Level_C&Peak_V_DATA\Levelcrossing_test_1.Lcr"
End If

Mesaj = "Okunmasını istediğiniz dosya adı:"
baslik = "Okunacak dosya adı"

13 dosyaadi = InputBox(Mesaj, baslik, deger)
If dosyaadi = Empty Then
MsgBox "Lütfen dosya adını giriniz", vbExclamation, "Uyan!"
GoTo 13
Else
End If
Mypath = dosyaadi
Mynama = Dir(Mypath, vbDirectory)

If Mynama = "" Then

MsgBox "Okunmasını istediğiniz dosya <" & dosyaadi & "> bulunamadı!! ", vbExclamation, "Uyan!!!"
Exit Sub
End If

Mesajk = "Level Crossing Verilerini Kaydetmek istediğiniz dosya adı:"
baslikk = "Kaydedilecek dosya adı"

14 dosyaadik = InputBox(Mesajk, baslikk, degerk)
If dosyaadik = Empty Then
MsgBox "Lütfen dosya adını giriniz", vbExclamation, "Uyan!"
GoTo 14
Else
End If

' MsgBox "Hesaplamalar Yapılırken Lütfen bekleyiniz!! Şimdi Okye basınız", vbExclamation, "Uyan!"
MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Visible = True

' Verinin sayılması

Open dosyaadi For Input As #1
Do While Not EOF(1)
NEND = NEND + 1

If frmlevelcrossing.optrainflow(0) = True Then
Input #1, INP(NEND), INP_b(NEND), INP_c(NEND), INP_d(NEND)
sut = "Ön Sol Tekerdek için"
End If
If frmlevelcrossing.optrainflow(1) = True Then
Input #1, INP_a(NEND), INP(NEND), INP_c(NEND), INP_d(NEND)
sut = "Ön Sağ Tekerdek için"
End If
If frmlevelcrossing.optrainflow(2) = True Then
Input #1, INP_a(NEND), INP_b(NEND), INP(NEND), INP_d(NEND)
sut = "Arka Sol Tekerdek için"
End If
If frmlevelcrossing.optrainflow(3) = True Then
Input #1, INP_a(NEND), INP_b(NEND), INP_c(NEND), INP(NEND)
sut = "Arka Sağ Tekerdek için"
End If

total = total + INP(NEND)
RS = INP(NEND) ^ 2
RST = RST + RS

Loop
Close #1

MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Max = NEND
MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Min = 0

' Ortalama ve RMS hesaplamalarının yapılması
ortalama = total / NEND

```

RMS = (RST / NEND) ^ 0.5

'Dosyaya yazdırma

Open dosyaadik For Output As #1

For I = 1 To NEND

Print #1, INP(I)
' fmlevelcrossing.txtlevelcrossingSelText = Space(20) & I & Space(30) & INP(I) & vbCrLf

MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Value = I

Next I
Close #1

' Maksimum ve Minimum değerlerin bulunması

Let IVMAX = INP(1): Let IVMIN = INP(1)

For I = 1 To NEND
If INP(I) <= IVMAX Then GoTo 2
Let IVMAX = INP(I)
2 If INP(I) >= IVMIN Then GoTo 3
Let IVMIN = INP(I)
MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Value = I
3 Next I

'Level_Crossing Verilerinin dosyaya ve ekrana yazdırılması

fmlevelcrossing.txtlevelcrossingSelText = "*****" & vbCrLf
fmlevelcrossing.txtlevelcrossingSelText = Space(7) & " LEVEL CROSSING SAYMA PROGAMI SONUÇLARI " & vbCrLf
fmlevelcrossing.txtlevelcrossingSelText = "*****" & vbCrLf
fmlevelcrossing.txtlevelcrossingSelText = "*****" & Space(8) & "Değerler" & Space(8) & "*****" & vbCrLf
fmlevelcrossing.txtlevelcrossingSelText = "*****" & vbCrLf
fmlevelcrossing.txtlevelcrossingSelText = Space(10) & "**** GERİLME ****" & Space(10) & "**** ADET ****" & vbCrLf
fmlevelcrossing.txtlevelcrossingSelText = "*****" & vbCrLf

'**** Level Crossing ****

GER = fmlevelcrossing.txtgerilme ' Aranılan değer
HAS = fmlevelcrossing.txtahas ' Aranılan değer hassasiyeti
GERHAS = fmlevelcrossing.txtgerhas ' Arama hassasiyeti

LC = 0
X1 = 0
X2 = 0
X = 0

For I = 1 To NEND - 1

X1 = X1 + 1
X2 = X1 + 1
X = 0

For J = X1 To X2 Step HAS

X = J
Y1 = INP(I)
Y2 = INP(I + 1)
Y = (((Y2 - Y1) * (X - X1)) / (X2 - X1)) + Y1

'fmlevelcrossing.txtlevelcrossingSelText = Space(20) & Round(Y, GERHAS) & vbCrLf

If Round(Y, GERHAS) = Round(GER, GERHAS) Then

LC = LC + 1

'Sonuçların ekranda gösterimi

If fmlevelcrossing.chksonuc.Value = 1 Then
fmlevelcrossing.txtlevelcrossingSelText = Space(27) & Round(Y, GERHAS) & Space(40) & LC & vbCrLf
End If
End If
MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Value = I

Next J
Next I

If LC <> 0 Then

fmlevelcrossing.txtlevelcrossingSelText = vbCrLf & "*****" & vbCrLf
fmlevelcrossing.txtlevelcrossingSelText = vbCrLf & Space(10) & "<" & Round(GER, GERHAS) & _
"> değerinden" & Space(3) & "<" & LC & "> adet bulunmuştur." & vbCrLf

Else
fmlevelcrossing.txtlevelcrossingSelText = vbCrLf & "<" & Round(GER, GERHAS) & _

```

```

    " > değeri bulunamadı, hassasiyeti arttırıp tekrar deneyiniz!" & vbCrLf
End If

'Sonuçların Ekrana Yazdırılması

frmlevelcrossing.txtlevelcrossing.SeIText = vbCrLf & "*****" & vbCrLf
frmlevelcrossing.txtlevelcrossing.SeIText = sut & Space(2) & "Okunan VERİ.....=" & NEND & vbCrLf
frmlevelcrossing.txtlevelcrossing.SeIText = sut & Space(2) & "Maksimum.....=" & Round(IVMAX, 2) & vbCrLf
frmlevelcrossing.txtlevelcrossing.SeIText = sut & Space(2) & "Minimum.....=" & Round(IVMIN, 2) & vbCrLf
frmlevelcrossing.txtlevelcrossing.SeIText = sut & Space(2) & "Ortalama.....=" & Round(ortalama, 6) & vbCrLf
frmlevelcrossing.txtlevelcrossing.SeIText = sut & Space(2) & "RMS.....=" & Round(RMS, 3) & vbCrLf
frmlevelcrossing.txtlevelcrossing.SeIText = "*****" & vbCrLf

MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Visible = False

End Sub

' *** PeakValley & Level Crossing Sayma Programı ***

Public Sub peakvalley()

Dim INP(100000), ICN(100000), INOW(100000), IOLD(100000)
Dim IFILT, NSTART, NEND, INEXT, NM, N, C, cmax, cmin, I, CN, IV1, IV, IVMAX, IVMIN, M, BCYC, BU, Rcount, nout, CL, IUP, IVT, IVT2, NSKIP
Dim count, F, IMAX, KB, XMIN, X1, X2, total, ortalama, BUE, GER
Dim P, X, Y, SUM, CNT, ALLOW, BLOW, SLOPE, RAINF, NA, NE, DA, DB, IREV, J, ISTART, IFUNC, IER, IV2, NOR, IVOLD, nok, IMIN, KA, IT, coun
Dim XMEAN, RS, RST, RMS, KU, IREVTOP, HAS, LC, Y1, Y2, GERHAS
Dim Mesaj, Mesajik, baslik, baslikk, deger, degerk, dosyaadi, dosyaadik, Mypath, Mynama, sut As String

frmlevelcrossing.txtlevelcrossing.Text = ""
frmlevelcrossing.Caption = "Peak Valley & Level Crossing Sayma Programı"

If Fmyoltestdatasomc.chkolddata.Value = 1 Then
deger = "C:\lifeCycle\Level_C&Peak_V_DATA\Levelcrossing_yol_1.Lcr"
degerk = "C:\lifeCycle\Level_C&Peak_V_DATA\Peakvalley_yol_1.pvd"
End If
If Fmyoltestdatasomc.chktestdata.Value = 1 Then
deger = "C:\lifeCycle\Level_C&Peak_V_DATA\Levelcrossing_test_1.Lcr"
degerk = "C:\lifeCycle\Level_C&Peak_V_DATA\Peakvalley_test_1.pvd"
End If

If frmlevelcrossing.optrainflow(0) = True Then
sut = "Ön Sol Tekerlek için"
End If
If frmlevelcrossing.optrainflow(1) = True Then
sut = "Ön Sağ Tekerlek için"
End If
If frmlevelcrossing.optrainflow(2) = True Then
sut = "Arka Sol Tekerlek için"
End If
If frmlevelcrossing.optrainflow(3) = True Then
sut = "Arka Sağ Tekerlek için"
End If

Mesaj = "Okunmasını istediğiniz dosya adı:"
baslik = "Okunacak dosya adı"

13 dosyaadi = InputBox(Mesaj, baslik, deger)
If dosyaadi = Empty Then
MsgBox "Lütfen dosya adını giriniz", vbExclamation, "Uyan!"
GoTo 13
Else
End If
Mypath = dosyaadi
Mynama = Dir(Mypath, vbDirectory)

If Mynama = "" Then

MsgBox "Okunmasını istediğiniz dosya <" & dosyaadi & "> bulunamadı!! ", vbExclamation, "Uyan!!!"
Exit Sub
End If

Mesajik = "Peak&Valley Verilerini Kaydetmek istediğiniz dosya adı:"
baslikk = "Kaydedilecek dosya adı"

14 dosyaadik = InputBox(Mesajik, baslikk, degerk)
If dosyaadik = Empty Then
MsgBox "Lütfen dosya adını giriniz", vbExclamation, "Uyan!"
GoTo 14
Else
End If

```



```

MsgBox "Hesaplamalar Yapılıyor Lütfen bekleyiniz!!! Şimdi Ok'ye basınız", vbExclamation, "Uyan!"
MDIhizmutest1.ProgressBar1.Visible = True

' Verinin sayılması
Open dosyaadi For Input As #1
Do While Not EOF(1)
    NEND = NEND + 1

    Input #1, INP(NEND)

    ' total = total + INP(NEND)
    ' RS = INP(NEND) ^ 2
    ' RST = RST + RS
Loop
Close #1

MDIhizmutest1.ProgressBar1.Max = NEND
MDIhizmutest1.ProgressBar1.Min = 0

' Ortalama ve RMS hesaplamalarının yapılması
' ortalama = total / NEND
' RMS = (RST / NEND) ^ 0.5

IFILT = 0
NSTART = 1
nout = 0
N = 1

If NSTART <> 1 Then
    GoTo 101
Else
    GoTo 111
End If

101 Open dosyaadi For Input As #1

    NM = NSTART - 1

    Do While NM
        CL = CL + 1

        Input #1, INP(CL)
        N = N + 1

    Loop
    Close #1

' İlk Noktanın elde edilmesi

111 Open dosyaadi For Input As #1

    nout = nout + 1

    Input #1, IOLD(nout)

121 N = N + 1

    Input #1, INOW(nout)

    If INOW(nout) = IOLD(nout) Then GoTo 121

' Eğrinin yerleştirilmesi

    IUP = -1
    If INOW(nout) > IOLD(nout) Then IUP = 1

' İlk okuma değerine göre eğrinin yerleştirilmesi
201 GoTo 231
' Bir sonraki noktanın okunması
251 N = N + 1

' peak nokta için gerekli kontrolün yapılması
If N > NEND Then GoTo 301

    Input #1, INEXT

    If INEXT = INOW(nout) Then GoTo 201
    If INEXT < INOW(nout) Then GoTo 401

' Eğer peak nokta gereğinden fazla büyükse yokluğu temsil eder

    If IUP = 1 Then

' Bir ters dönme yoksa INOW'ı ihmal et ve INEXT'i yeni dönme olarak al
    INOW(nout) = INEXT

```

```

GoTo 201
End If

' IUP yeterli büyüklükte olup olmadığı kontrolünün yapılması

If (INEXT - INOW(nout)) < IFILT Then

' Şayet bu dönme gereğinden fazla küçükse ihmal et
GoTo 201
End If

' Eğer değer IFILT den daha büyükse yönü değişmekte ve INOW bir dönme olmakta
nout = nout + 1

' fmllevelcrossing.txtlevelcrossing.SeIText = INOW(nout) & vbCrLf

IOLD(nout) = INOW(nout)
INOW(nout) = INEXT
IUP = 1
GoTo 201

401 GoTo 451

' INEXT aşağıya giden değer olmakta ve bir önceki yokuş yönü kontrolü yapılmakta
451 If IUP = -1 Then

' Aynı yön kabulü yapılmakta

INOW(nout) = INEXT
GoTo 201
End If

' Yönde bir değişim olduğunda yeterli büyüklükte olup olmadığının kontrolü

If (INOW(nout) - INEXT) < IFILT Then
' Oldukça küçükse
GoTo 201
End If
' Yeterli Büyüklükteyse
nout = nout + 1

IOLD(nout) = INOW(nout)
INOW(nout) = INEXT
IUP = -1
GoTo 201

501 GoTo 511

511 nout = nout + 1

Close #1

MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Max = nout

' Maksimum ve Minimum değerın bulunması

Let IVMAX = IOLD(1): Let IVMIN = IOLD(1)

For I = 1 To nout - 1
If INOW(I) <= IVMAX Then GoTo 2
Let IVMAX = INOW(I)
2 If INOW(I) >= IVMIN Then GoTo 3
Let IVMIN = INOW(I)
MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Value = I
3 Next I

' Peak_Valley & Level Crossing Sonuçlarının dosyaya ve ekrana yazdırılması

fmllevelcrossing.txtlevelcrossing.SeIText = "*****" & vbCrLf
fmllevelcrossing.txtlevelcrossing.SeIText = Space(2) & " PEAK_VALLEY & LEVEL CROSSING SONUÇLARI " & vbCrLf
fmllevelcrossing.txtlevelcrossing.SeIText = "*****" & vbCrLf
fmllevelcrossing.txtlevelcrossing.SeIText = "*****" & Space(8) & "out" & Space(2) & "Değerler" & Space(3) & "*****" & vbCrLf
fmllevelcrossing.txtlevelcrossing.SeIText = "*****" & vbCrLf
fmllevelcrossing.txtlevelcrossing.SeIText = Space(10) & "**** GERİLME ****" & Space(10) & "**** ADDET ****" & vbCrLf
fmllevelcrossing.txtlevelcrossing.SeIText = "*****" & vbCrLf

C = 1
total = IOLD(1)
RS = IOLD(1) ^ 2
RST = RST + RS

Open dosyaadik For Output As #1

Print #1, IOLD(1)

' fmllevelcrossing.txtlevelcrossing.SeIText = Space(20) & C & Space(30) & IOLD(1) & vbCrLf

```

```

For I = 1 To nout - 1
    C = C + 1

    Print #1, INOW(I)
    ' fmlevelcrossing.txtlevelcrossingSelText = Space(20) & C & Space(30) & INOW(I) & vbCrLf

    MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Value = I

    total = total + INOW(I)
    RS = INOW(I) ^ 2
    RST = RST + RS
Next I
Close #1

' Ortalama ve RMS hesaplamalarının yapılması
ortalama = total / (C + 1)
RMS = (RST / (C + 1)) ^ 0.5

CN = 1
ICN(1) = IOLD(1)
For I = 1 To nout
    CN = CN + 1
    ICN(CN) = INOW(I)
    MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Value = I
Next I

' Büyükten küçüğe sıralama işleminin yapılması

For I = 1 To nout - 1
    For J = I + 1 To nout

        If ICN(J) < ICN(I) Then GoTo 1001

        ' Let BU = ICN(J)
        ' Let BCYC = JVT(I)
        ' Let ICN(J) = ICN(I)
        ' Let JVT(J) = JVT(I)
        ' Let ICN(I) = BU
        ' Let JVT(I) = BCYC

        ' MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Value = I
1001 Next J
    Next I

    ***** Level Crossing *****

    HAS = fmlevelcrossing.txthas
    GER = fmlevelcrossing.txgerime
    GERHAS = fmlevelcrossing.txgerhas

    LC = 0
    X1 = 0
    X2 = 0
    X = 0

    For I = 1 To nout

        X1 = X1 + 1
        X2 = X1 + 1
        X = 0
        For J = X1 To X2 Step HAS

            X = J

            Y1 = ICN(I)
            Y2 = ICN(I + 1)
            Y = (((Y2 - Y1) * (X - X1)) / (X2 - X1)) + Y1

            'fmlevelcrossing.txtlevelcrossingSelText = Space(20) & Round(Y, GERHAS) & vbCrLf

            If Round(Y, GERHAS) = Round(GER, GERHAS) Then

                LC = LC + 1

                ' Sonuçların ekranda gösterimi

                If fmlevelcrossing.chksonuc.Value = 1 Then
                    fmlevelcrossing.txtlevelcrossingSelText = Space(27) & Round(Y, GERHAS) & Space(40) & LC & vbCrLf
                End If
            End If
            MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Value = I
        Next J
    Next I

```

```

If LC <> 0 Then

fmlevelcrossing.txtlevelcrossingSelText = vbCrLf & "*****" & vbCrLf
fmlevelcrossing.txtlevelcrossingSelText = vbCrLf & Space(10) & "< " & Round(GER, GERHAS) & " > değerinden" & Space(3) & _
"< " & LC & " > adet bulunmuştur. " & vbCrLf

Else
fmlevelcrossing.txtlevelcrossingSelText = vbCrLf & "< " & Round(GER, GERHAS) & _
"> değeri bulunamadı, hassasiyeti arttırıp tekrar deneyiniz!" & vbCrLf
End If

*****
'Sonuçların Ekranı Yazdırılması

fmlevelcrossing.txtlevelcrossingSelText = vbCrLf & "*****" & vbCrLf
fmlevelcrossing.txtlevelcrossingSelText = sut & Space(2) & "Peak_Valley VERİSİ.....=" & nout & vbCrLf
fmlevelcrossing.txtlevelcrossingSelText = sut & Space(2) & "Okunan VERİ.....=" & NEND & vbCrLf
fmlevelcrossing.txtlevelcrossingSelText = sut & Space(2) & "Maksimum.....=" & Round(TVMAX, 2) & vbCrLf
fmlevelcrossing.txtlevelcrossingSelText = sut & Space(2) & "Minimum.....=" & Round(TVMIN, 2) & vbCrLf
fmlevelcrossing.txtlevelcrossingSelText = sut & Space(2) & "Ortalama.....=" & Round(ortalama, 6) & vbCrLf
fmlevelcrossing.txtlevelcrossingSelText = sut & Space(2) & "RMS.....=" & Round(RMS, 2) & vbCrLf
fmlevelcrossing.txtlevelcrossingSelText = "*****" & vbCrLf

MDIhizomuntesti.ProgressBar1.Visible = False

End Sub

```

EK-I

**** Yeni oluşturulan genlik_abcd.mlb Dosyasının daha önce oluşturulmuş genlik dosyasına eklenmesi****

Option Explicit

Sub bildiristir()

```
Dim genlik_a(1000000), genlik_b(1000000), genlik_c(1000000), genlik_d(1000000), zaman_abcd(1000000)
Dim genlik_al(1000000), genlik_bl(1000000), genlik_cl(1000000), genlik_dl(1000000), zaman_abcdl(1000000)
Dim son, I, son1, Myname, Mypath, Retval
Dim Mesaj_yol_ek1, Mesaj_yol_txt, baslik_yol_ek1, baslik_yol_txt, deger_yol_ek1, deger_yol_txt, dosyaadi_yol_ek1, _
dosyaadi_yol_txt As String
Dim Mesaj_test_ek1, Mesaj_test_txt, baslik_test_ek1, baslik_test_txt, deger_test_ek1, deger_test_txt, dosyaadi_test_ek1, _
dosyaadi_test_txt, yol_txt, test_txt As String
```

```
If FrmYolTestDataSonuc.chkYolData.Value = 1 Then
GoTo 1
End If
If FrmYolTestDataSonuc.chkTestData.Value = 1 Then
GoTo 4
End If
```

```
1 Mesaj_yol_txt = "Eklene Yapacağınız Yol Verisi Dosya adı:"
baslik_yol_txt = "Eklene Yapılacak Genlik Dosyası ADI"
yol_txt = "Yeni_Yol_genlik_1"
deger_yol_txt = "C:\lifecycle\Yol&test_DATA\" & yol_txt & ".txt"
```

```
2 dosyaadi_yol_txt = InputBox(Mesaj_yol_txt, baslik_yol_txt, deger_yol_txt)
If dosyaadi_yol_txt = Empty Then
MsgBox "Lütfen dosya adını giriniz", vbExclamation, "Uyanı!"
GoTo 2
Else
End If
```

```
'dosyaadi_yol_ek1 = "C:\lifecycle\Yol&test_DATA\" & yol_txt & ".ek1"
```

```
dosyaadi_yol_ek1 = dosyaadi_yol_txt & ".ek1"
```

```
Open "c:\lifecycle\yeni_grafik_yol_name.txt" For Output As #1
Print #1, dosyaadi_yol_ek1
Close #1
```

GoTo 10

```
4 Mesaj_test_txt = "Eklene Yapacağınız Test Verisi Dosya adı:"
baslik_test_txt = "Eklene Yapılacak Genlik Dosyası ADI"
test_txt = "Yeni_test_genlik_1"
deger_test_txt = "C:\lifecycle\Yol&test_DATA\" & test_txt & ".txt"
```

```
5 dosyaadi_test_txt = InputBox(Mesaj_test_txt, baslik_test_txt, deger_test_txt)
If dosyaadi_test_txt = Empty Then
MsgBox "Lütfen dosya adını giriniz", vbExclamation, "Uyanı!"
GoTo 5
Else
End If
```

```
'dosyaadi_test_ek1 = "C:\lifecycle\Yol&test_DATA\" & test_txt & ".ek1"
```

```
dosyaadi_test_ek1 = dosyaadi_test_txt & ".ek1"
```

```
Open "c:\lifecycle\yeni_grafik_test_name.txt" For Output As #1
Print #1, dosyaadi_test_ek1
Close #1
```

GoTo 50

*****YOL VERİSİ*****

10 'Yeni Oluşturulan YOL genlik_abcd.mlb dosyasının okunması

MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Visible = True

son = 0

```
Open "c:\lifecycle\genlik_abcd.mlb" For Input As #1
Do While Not EOF(1)
son = son + 1
Input #1, genlik_a(son), genlik_b(son), genlik_c(son), genlik_d(son), zaman_abcd(son)
Loop
Close #1
```

'Eklene yapılacak dosyanın'ın olup olmadığının kontrolünün yapılması yoksa yeni dosya açılması varsa
'ilk açılan dosyanın son değerlerinin bulunması ve bunların eklenmesi

```
Myopath = dosyaadi_yol_ek1
Myname = Dir(Myopath, vbDirectory)
son1 = 0
If Myname <> "" Then
```



```

Open dosyaadi_yol_ekl For Input As #1
Do While Not EOF(1)
    son1 = son1 + 1
    Input #1, genlik_a1(son1), genlik_b1(son1), genlik_c1(son1), genlik_d1(son1), zaman_abcd1(son1)
Loop
Close #1
GoTo 15
Else
    GoTo 20
End If

'Eger eklenecek dosya adı varsa ilk oluşturulan ekleme dosyasına oluşturulan genlik dosyasına eklenmesi
15 ' MsgBox "Hesaplamalar Yapılıyorken Lütfen bekleyiniz!!! Şimdi Ok'ye basınız", vbExclamation, "Uyarı!"

' MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Visible = True
MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Max = son
MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Min = 0

Open dosyaadi_yol_ekl For Append As #1
Open dosyaadi_yol_txt For Append As #2
For I = 1 To son
    MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Value = I

    zaman_abcd(I) = zaman_abcd1(son1) + zaman_abcd1(I)

Print #1, genlik_a(I), genlik_b(I), genlik_c(I), genlik_d(I), zaman_abcd(I)
Print #2, genlik_a(I), genlik_b(I), genlik_c(I), genlik_d(I)

Next I
Close #1
Close #2
GoTo 30

'Eger eklenecek dosya adı yoksa yeni dosya adının açılması ve ilk oluşturulan genlik dosyasına eklenmesi
20 ' MsgBox "Hesaplamalar Yapılıyorken Lütfen bekleyiniz!!! Şimdi Ok'ye basınız", vbExclamation, "Uyarı!"

MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Visible = True
MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Max = son
MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Min = 0

Open dosyaadi_yol_ekl For Output As #1
Open dosyaadi_yol_txt For Output As #2
For I = 1 To son
    MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Value = I

Print #1, genlik_a(I), genlik_b(I), genlik_c(I), genlik_d(I), zaman_abcd(I)
Print #2, genlik_a(I), genlik_b(I), genlik_c(I), genlik_d(I)

Next I
Close #1
Close #2

30 Retval = Shell("c:\lifecycle\Yeni_Grafik_yol_zaman.exe ", 2) 'ekleme yapılan yeni dosyanın _
Genlik&Zaman grafiklerini çizdirilmesi

MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Visible = False

MsgBox " Yeni Genlik Verileri " & Space(2) & deger_yol_txt & Space(2) & _
" Dosyasına Eklendi, İşlem Devam Ediyor Lütfen İşlem Son Görünene kadar Bekleyiniz!!! ", _
vbInformation, "Bilgi"

Exit Sub

*****TEST VERİSİ*****

50 'Yeni Oluşturulan YOL- genlik_abcd.mlb dosyasının okunması

MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Visible = True

son = 0
Open "c:\lifecycle\genlik_abcd.mlb" For Input As #1
Do While Not EOF(1)
    son = son + 1
    Input #1, genlik_a(son), genlik_b(son), genlik_c(son), genlik_d(son), zaman_abcd(son)
Loop
Close #1

'Ekleme yapılacak dosyanın'ın olup olmadığının kontrolünün yapılması yoksa yeni dosya açılması varsa
'ilk açılan dosyanın son değerlerinin bulunması ve bunların eklenmesi

Myopath = dosyaadi_test_ekl
Myname = Dir(Myopath, vbDirectory)
son1 = 0
If Myname <> "" Then

```

```

Open dosyaadi_test_ek1 For Input As #1
Do While Not EOF(1)
    son1 = son1 + 1
    Input #1, genlik_a1(son1), genlik_b1(son1), genlik_c1(son1), genlik_d1(son1), zaman_abcd1(son1)
Loop
Close #1
GoTo 55
Else
    GoTo 60
End If

'Eger eklenecek dosya adı varsa ilk oluşturulan eklemeye dosyasına oluşturulan genlik dosyasına eklenmesi
55 ' MsgBox "Hesaplamalar Yapılıyorken Lütfen bekleyiniz!!! Şimdi Ok'ye basınız", vbExclamation, "Uyan!"

'MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Visible = True
MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Max = son
MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Min = 0

Open dosyaadi_test_ek1 For Append As #1
Open dosyaadi_test_txt For Append As #2
    For I = 1 To son
        MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Value = I

        zaman_abcd(I) = zaman_abcd1(son1) + zaman_abcd(I)

        Print #1, genlik_a(I), genlik_b(I), genlik_c(I), genlik_d(I), zaman_abcd(I)
        Print #2, genlik_a(I), genlik_b(I), genlik_c(I), genlik_d(I)

    Next I
Close #1
Close #2
GoTo 70

'Eger eklenecek dosya adı yoksa yeni dosya adının açılması ve ilk oluşturulan genlik dosyasına eklenmesi
60 ' MsgBox "Hesaplamalar Yapılıyorken Lütfen bekleyiniz!!! Şimdi Ok'ye basınız", vbExclamation, "Uyan!"

'MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Visible = True
MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Max = son
MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Min = 0

Open dosyaadi_test_ek1 For Output As #1
Open dosyaadi_test_txt For Output As #2

Next I
Close #1
Close #2

70 Retval = Shell("c:\lifecycle\Yeni_Grafik_test_zaman.exe ", 2) 'ekleme yapılan yeni dosyanın _
Genlik&Zaman grafiklerini çizdirilmesi

MDIhizomurtesti.ProgressBar1.Visible = False

MsgBox " Yeni Genlik Verileri " & Space(2) & deger_test_txt & Space(2) & _
" Dosyasına Eklendi, İşlem Devam Ediyor Lütfen İşlem Bar Görünene kadar Bekleyiniz!! ", _
vbInformation, "Bilgi!"

Exit Sub
End Sub

```

ÖZGEÇMİŞ

17.04.1970 yılında İstanbul'da doğdu. 1987 yılında Büyükçekmece Lisesinden, 1991 yılında İTÜ Makina Fakültesi Makina Mühendisliği Bölümünden mezun oldu. 1991-1992 yılında bir yıl İngilizce hazırlık eğitiminden sonra İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Bölümü Enerji programında Yüksek lisans eğitimine başladı. 1992 yılında İTÜ Makina Fakültesi Otomotiv Ana Bilim Dalına Araştırma Görevlisi olarak girdi. 1995 yılında Yüksek Mühendis ünvanı aldı. Aynı yıl İTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü Makina Bölümü Otomotiv programında Doktora eğitimine başladı. Halen aynı kürsüde akademik çalışma hayatına devam etmektedir.

