

**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TÜRK ANTROPOMETRİK DEĞERLERİNE UYGUN  
MERKEZİ OLMAYAN KONTROL MASALI LOKOMOTİFE AİT  
ERGONOMİK MAKİNİST KABİN TASARIMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Hilal ARIKAN KELASOVALI**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Raylı Sistemler Mühendisliği Programı**

**MAYIS 2019**



**İSTANBUL TEKNİK ÜNİVERSİTESİ ★ FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**TÜRK ANTROPOMETRİK DEĞERLERİNE UYGUN  
MERKEZİ OLMAYAN KONTROL MASALI LOKOMOTİFE AİT  
ERGONOMİK MAKİNİST KABİN TASARIMI**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**Hilal ARIKAN KELASOVALI  
(526141009)**

**Fen Bilimleri Enstitüsü**

**Raylı Sistemler Mühendisliği Programı**

**Tez Danışmanı: Doç. Dr. Emin SÜNBÜLOĞLU**

**MAYIS 2019**



İTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü'nün 526141009 numaralı Yüksek Lisans Öğrencisi Hilal Arıkan Kelasovalı, ilgili yönetmeliklerin belirlediği gerekli tüm şartları yerine getirdikten sonra hazırladığı “TÜRK ANTROPOMETRİK DEĞERLERİNE UYGUN MERKEZİ OLMAYAN KONTROL MASALI LOKOMOTİFE AİT ERGONOMİK MAKİNİST KABİN TASARIMI”başlıklı tezini aşağıda imzaları olan jüri önünde başarı ile sunmuştur.

**Tez Danışmanı :** **Doç. Dr. Emin SÜNBÜLOĞLU** .....  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Jüri Üyeleri :** **Doç. Dr. Çiğdem ALTIN GÜMÜŞSOY** .....  
İstanbul Teknik Üniversitesi

**Doç. Dr. Semih SEZER** .....  
Yıldız Teknik Üniversitesi

**Teslim Tarihi** : **3 Mayıs 2019**  
**Savunma Tarihi** : **22 Mayıs 2019**





***Furkan Kelasovalı'ya,***



## ÖNSÖZ

Yeni bir ürüntasarımının başlangıcında, kullanıcı hedef kitlesinin belirlenmesi, başarılı bir tasarımın ortaya çıkarılması ve kolaylıkla pazarlanması açısından büyük önem taşımaktadır. İnsanla birebir etkileşimde olan her ürün, kullanıcıları tarafından kolay, rahat ve güvenli bir şekilde kullanılabilmelidir. Kullanıcıya uygun bir ürünün tasarlanabilmesi için kullanıcının ait olduğu toplumun antropometrik yapısı çok iyi bilinmelidir.

Bu çalışmada Türk popülasyonunun antropometrik verilerine uygun ergonomik lokomotif kabin tasarımı için tasarım verileri ve ölçüleri oluşturulmuştur. Aynı zamanda TSI LOC&PAS ve UIC standartlarındaki veriler ile karşılaştırma yapılmıştır.

Öncelikle tez konumu seçerken isteklerimi göz önünde bulundurup, beni doğru bir şekilde yönlendirdiği için tez danışmanın Doç.Dr.EminSümbüloğlu'na teşekkürlerimi sunarım. Çalışma konusunun seçimine ilham veren ve teknik bilgilerin oluşturulmasında yardımcı olan Hexagon Studio ve Tülomsaş çalışanlarına, yüksek lisans sürecim boyunca desteğini bir an için bile esirgemeyen çalışma arkadaşım, Onur Can Acayır'a teşekkürü bir borç bilirim. Son olarak çalışmamda maddi, manevi desteğini, bana olan güvenini benden esirgemeyen eşim Furkan Kelasovalı'ya ve beni bu günlere sevgi ve saygı kelimelerinin anlamlarını bilecek şekilde yetiştirerek getiren ve benden hiçbir zaman desteğini esirgemeyen bu hayattaki en büyük şansım olan aileme sonsuz teşekkürler.

Mayıs 2019

Hilal Arıkan Kelasovalı  
Geometrik Entegrasyon  
ve Ergonomi Tasarım Mühendisi



## İÇİNDEKİLER

### Sayfa

|                                                                                                                |       |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| ÖNSÖZ.....                                                                                                     | vii   |
| İÇİNDEKİLER.....                                                                                               | ix    |
| KISALTMALAR.....                                                                                               | xi    |
| SEMBOLLER.....                                                                                                 | xiii  |
| ÇİZELGE LİSTESİ.....                                                                                           | xv    |
| ŞEKİL LİSTESİ.....                                                                                             | xvii  |
| ÖZET.....                                                                                                      | xxi   |
| SUMMARY.....                                                                                                   | xxiii |
| 1. GİRİŞ .....                                                                                                 | 1     |
| 1.1 Tezin Amacı.....                                                                                           | 2     |
| 2. ERGONOMİ NEDİR? .....                                                                                       | 5     |
| 2.1 Araç Ergonomisi .....                                                                                      | 5     |
| 2.1.1 Ergonomide problem çözme metodolojisi .....                                                              | 6     |
| 2.1.2 Araç tasarımında ergonomi mühendislerinin sorumlulukları .....                                           | 8     |
| 2.2 Demiryolu AraçlarınınErgonomik Sürücü Kabin Tasarımı Üzerine Yapılmış Çalışmalar .....                     | 9     |
| 3. ARAÇ TASARIMINDA ANTROPOMETRİK DEĞERLER VE KULLANIMI .....                                                  | 13    |
| 3.1 Türkiye Popülasyonuna Ait Antropometrik Veriler.....                                                       | 16    |
| 3.2 Lokomotif Kabin Tasarımında Kullanılan Antropometrik Boyutlar .....                                        | 20    |
| 3.2.1 UIC 651’de belirtilen antropometrik ölçülerin Türkiye antropometrik ölçüleri ile karşılaştırılması ..... | 22    |
| 3.3 Lokomotif Kabin Tasarımında Kullanılan Antropometrik Boyutlar .....                                        | 26    |
| 4. LOKOMOTİF KABİN TASARIMI VE SÜRÜCÜ ERGONOMİSİ.....                                                          | 27    |
| 4.1 Lokomotifler Ve Sürücü Kabin Tasarımına Örnekler.....                                                      | 29    |
| 4.2 Lokomotif Kabin Tasarımında Alt Sistemlerin Entegrasyonu ve Ergonomi ...                                   | 35    |
| 4.3 Lokomotif Sürücü Kabini Çalışma Alanı .....                                                                | 36    |
| 5. LOKOMOTİF KABİNİ MAKİNİST ERGONOMİSİ VE ENTEGRASYONU .....                                                  | 39    |
| 5.1 Lokomotif Araç Sınırlarının Oluşturulması.....                                                             | 39    |
| 5.1.1 Lokomotif sürücü kabin hacminin oluşturulması.....                                                       | 41    |
| 5.2 Sürücü Pozisyonunun Belirlenmesi.....                                                                      | 43    |
| 5.2.1 %5’lik kadın ve %95’lik erkek sürücülere uygun koltuk seçimi .....                                       | 50    |
| 5.3 Türk Antropometrik Değerlerine Uygun Kontrol Masası Ölçüleri Ve Yerleşimi .....                            | 61    |
| 5.3.1 Kontrol masasının yüzey derinliğinin belirlenmesi.....                                                   | 63    |
| 5.3.2 Kontrol masasının yüksekliğinin belirlenmesi.....                                                        | 65    |
| 5.4 Kısa ve Uzun Kullanıcıya Ait Erişim Değerlendirmesi .....                                                  | 68    |
| 5.5 Sürücülerin Yüksek ve Alçak Sinyal Görüşleri .....                                                         | 71    |
| 5.5.1 Sinyal görüşlerinin oluşturulması.....                                                                   | 72    |

|                                                             |           |
|-------------------------------------------------------------|-----------|
| 5.6 Kabin İçi Depolama Alanları.....                        | 81        |
| 5.7 Kabin Giriş Çıkış Alanları.....                         | 83        |
| 5.8 Lokomotif Dış Aydınlatmaları .....                      | 85        |
| <b>6. ÇALIŞMANIN UIC VE TSI STANDARTLARI İLE</b>            |           |
| <b>KARŞILAŞTIRILMASI .....</b>                              | <b>87</b> |
| 6.1 Kısa Ve Uzun Kullanıcıya Ait Antropometrik Ölçüler..... | 87        |
| 6.2 Sürücü Konumu Ve Sürücü Sinyal Görüşü.....              | 88        |
| 6.3 Kontrol Masası Ölçüleri .....                           | 89        |
| 6.4 Kabin Hacmi .....                                       | 91        |
| <b>7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....</b>                         | <b>93</b> |
| <b>KAYNAKLAR.....</b>                                       | <b>97</b> |
| <b>ÖZGEÇMİŞ.....</b>                                        | <b>99</b> |



## **KISALTMALAR**

|                     |                                                 |
|---------------------|-------------------------------------------------|
| <b>H-Point</b>      | : Hip Point                                     |
| <b>SRP</b>          | : Seat Reference Point                          |
| <b>SgRP</b>         | : Seating Reference Point                       |
| <b>HP</b>           | : Heel Point                                    |
| <b>HPM</b>          | : H Point Machine                               |
| <b>CAD</b>          | : Computer Aided Design                         |
| <b>TSI</b>          | : Technical Specifications for Interoperability |
| <b>LOC&amp; PAS</b> | : Locomotive& Passenger                         |
| <b>UIC</b>          | :International Union of Railways                |



## SEMBOLLER

|          |                                  |
|----------|----------------------------------|
| $x$      | : Rastgele değişken              |
| $f_x$    | : Olasılıklı yoğunluk fonksiyonu |
| $\mu$    | : Normal dağılımın ortalaması    |
| $\sigma$ | : Standart Sapma                 |
| $F(x)$   | : $f(x)$ 'in kümülatif dağılımı  |





## ÇİZELGE LİSTESİ

### Sayfa

|                                                                                                                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Çizelge 3.1</b> : Statik antropometrik boyutların tanımlanması. ....                                                                                                               | 15 |
| <b>Çizelge 3.2</b> : Türk erkeklerinin antropometrik değerleri, tanımlayıcı istatistikleri ve seçilmiş yüzde değerleri, ( E. Güleç, 2006). ....                                       | 17 |
| <b>Çizelge 3.3</b> : Türk kadınlarının antropometrik değerleri, tanımlayıcı istatistikleri ve seçilmiş yüzde değerleri, ( E. Güleç, 2006). ....                                       | 17 |
| <b>Çizelge 3.4</b> : Türk erkeklerinin antropometrik değerleri (genişlik ve derinlik), tanımlayıcı istatistikleri ve seçilmiş yüzde değerleri (mm), (E.Güleç, 2006). ....             | 18 |
| <b>Çizelge 3.5</b> : Türk kadınlarının antropometrik değerleri (genişlik ve derinlik), tanımlayıcı istatistikleri ve seçilmiş yüzde değerleri (mm), (E.Güleç,2006). ....              | 18 |
| <b>Çizelge 3.6</b> : Türk erkeklerinin antropometrik değerleri(çevre), tanımlayıcı istatistikleri ve seçilmiş yüzde değerleri (mm), (E.Güleç,2006). ....                              | 18 |
| <b>Çizelge 3.7</b> : Türk kadınlarının antropometrik değerleri(çevre), tanımlayıcı istatistikleri ve seçilmiş yüzde değerleri (mm), (E.Güleç,2006). ....                              | 18 |
| <b>Çizelge 3.8</b> : Oran ölçeklendirme yöntemi ile çıkarılan yetişkin Türk antropometrik verileri (vücut ağırlığı (kg) hariç bütün ölçüler mm'dir),(A.İşeri ve N.Arslan, 2009). .... | 19 |
| <b>Çizelge 3.9</b> :Kısa kullanıcı için UIC 651 Ek - E ile Türk antropometrik ölçülerinin karşılaştırması. ....                                                                       | 22 |
| <b>Çizelge 3.10</b> : Kısa kullanıcı için UIC 651 Ek - G ile Türk antropometrik ölçülerinin karşılaştırması. ....                                                                     | 23 |
| <b>Çizelge 3.11</b> :Uzun kullanıcı için UIC 651 Ek - E ile Türk antropometrik ölçülerinin karşılaştırması. ....                                                                      | 24 |
| <b>Çizelge 3.12</b> : Uzun kullanıcı için UIC 651 Ek - G ile Türk antropometrik ölçülerinin karşılaştırması. ....                                                                     | 25 |
| <b>Çizelge 5.1</b> :UIC 651 Ek-H ve UIC 612 K.9'da Belirtilen Temel Koltuk Ölçüleri. ....                                                                                             | 51 |
| <b>Çizelge 5.2</b> : Data çalışmasında kullanılan koltuk ölçüleri. ....                                                                                                               | 52 |
| <b>Çizelge 5.3</b> : Lokomotif ön cam alanlarının karşılaştırılması. ....                                                                                                             | 81 |
| <b>Çizelge 6.1</b> : UIC 651 ve Türk antropometrik değerlerinin karşılaştırılması. ....                                                                                               | 88 |
| <b>Çizelge 6.2</b> : UIC 651 ve Ek-H çalışmada çıkarılan kontrol masasının karşılaştırılması. ....                                                                                    | 90 |
| <b>Çizelge 6.3</b> :UIC 651 kabin ölçülerinin oluşturulan data ile karşılaştırılması ....                                                                                             | 91 |



## ŞEKİL LİSTESİ

### Sayfa

|                                                                                                                              |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Şekil 2.1 : Ergonomide sürücü , araç ve çevre özelliklerinin birbiri ile ilişkisi.....                                       | 6  |
| Şekil 2.2 : Ergonomide çözüme ulaşmanın temel yöntemleri .....                                                               | 7  |
| Şekil 3.1 : Statik antropometrik boyutlar, Bhise (2012)'den uyarlanmıştır. ....                                              | 14 |
| Şekil 3.2 : Bir popülasyona ait normal dağılım eğrisi. ....                                                                  | 16 |
| Şekil 3.3 : En uzun ve en kısa sürücüye ait antropometrik boyutlar, (UIC 651 Ek E)'den alınmıştır. ....                      | 20 |
| Şekil 3.4 : En uzun ve en kısa sürücüye ait ek antropometrik boyutlar, (UIC 651 Ek-G)'den alınmıştır. ....                   | 21 |
| Şekil 3.5 : Oluşturulan manikin boyutları (a) %5'lik Kadın (b) %95'lik Erkek.....                                            | 26 |
| Şekil 4.1 : Tasarım süreci. ....                                                                                             | 28 |
| Şekil 4.2 : Newag Dragon lokomotifinin dış stili ve makinist kontrol masası. ....                                            | 29 |
| Şekil 4.3 : Newag Dragon lokomotifinin dış stili ve makinist kontrol masası. ....                                            | 30 |
| Şekil 4.4 : Siemens Smartron lokomotifinin dış stili ve makinist kontrol masası. ....                                        | 31 |
| Şekil 4.5 : Siemens Vectron lokomotifinin dış stili ve makinist kabini. ....                                                 | 32 |
| Şekil 4.6 : Tülomsaş E68000 lokomotifinin dış stili ve kontrol masası. ....                                                  | 32 |
| Şekil 4.7 : Pendolino 310 serisi dış stili ve makinist kabini. ....                                                          | 33 |
| Şekil 4.8 : Pendolino Series 310 sürücü ergonomisi anket sonuçları. ....                                                     | 35 |
| Şekil 4.9 : Makinist kabini çalışma alanının şematik gösterimi. ....                                                         | 37 |
| Şekil 5.1 : TCDD yapı ve yük gabarisi. ....                                                                                  | 40 |
| Şekil 5.2 : TS EN 15273-2 G1 statik gabari. ....                                                                             | 40 |
| Şekil 5.3 : Lokomotifin temel yapısal yükseklikleri. ....                                                                    | 41 |
| Şekil 5.4 : UIC 651 Ek-A sürücü kabin boyutları. ....                                                                        | 42 |
| Şekil 5.5 : Lokomotif sürücü bölgesi üstten görünüşü. ....                                                                   | 42 |
| Şekil 5.6 : Lokomotif sürücü bölgesi hacmi. ....                                                                             | 43 |
| Şekil 5.7 : UIC 651 Ek-G ek antropometrik boyutlar SRP ve H point konumları. ....                                            | 44 |
| Şekil 5.8 : SAE J 826 H-Point şablonu. ....                                                                                  | 44 |
| Şekil 5.9 : SAE J 4004 SgRP ve H Point konumları. ....                                                                       | 45 |
| Şekil 5.10 : %5'lik Türk kadın antropometrisine göre oluşturulmuş manikin. ....                                              | 45 |
| Şekil 5.11 : Tren sürücü koltuk örneği. ....                                                                                 | 46 |
| Şekil 5.12 : %5'lik Türk kadın sürücü oturma pozisyonu. ....                                                                 | 46 |
| Şekil 5.13 : %5'lik Türk kadın sürücüye ait ölçü kontrolü. ....                                                              | 47 |
| Şekil 5.14 : %5'lik Türk kadınına ait antropometrik ölçüler. ....                                                            | 47 |
| Şekil 5.15 : %95'lik Türk erkek antropometrisine göre oluşturulmuş manikin. ....                                             | 48 |
| Şekil 5.16 : %95'lik Türk erkek sürücü oturma pozisyonu-1. ....                                                              | 48 |
| Şekil 5.17 : %95'lik Türk erkek sürücü oturma pozisyonu-2. ....                                                              | 49 |
| Şekil 5.18 : %95'lik Türk erkek sürücüye ait ölçü kontrolü. ....                                                             | 49 |
| Şekil 5.19 : %95'lik Türk erkeğine ait antropometrik ölçüler. ....                                                           | 50 |
| Şekil 5.20 : Koltuk parametreleri. ....                                                                                      | 51 |
| Şekil 5.21 : Data çalışmasında kullanılan koltuk. ....                                                                       | 52 |
| Şekil 5.22 : %5'lik Türk kadın kullanıcının 5° sırt açısı ile koltuk SgRP noktasına göre oturtulması ve konfor analizi. .... | 53 |

|                                                                                                                                                            |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Şekil 5.23 :</b> %5'lik Türk kadın kullanıcının 10° sırt açısı ile koltuk SgRP noktasına göre oturtulması ve konfor analizi.....                        | 54 |
| <b>Şekil 5.24 :</b> %5'lik Türk kadın kullanıcının 15° sırt açısı ile koltuk SgRP noktasına göre oturtulması ve konfor analizi.....                        | 55 |
| <b>Şekil 5.25 :</b> Topuk noktası – SRP noktası arası mesafe. ....                                                                                         | 57 |
| <b>Şekil 5.26 :</b> %5'lik Türk kadın kullanıcı için tanımlanmış uygun oturma pozisyonu. ....                                                              | 57 |
| <b>Şekil 5.27 :</b> Koltuk minderi ve kontrol masası altı yükseklik. ....                                                                                  | 58 |
| <b>Şekil 5.28 :</b> UIC 651 Ek-H kontrol masası ölçülendirilmesi. ....                                                                                     | 59 |
| <b>Şekil 5.29 :</b> UIC 651'e göre en uzun ve en kısa kullanıcı için tanımlı koltuk konumları. ....                                                        | 59 |
| <b>Şekil 5.30 :</b> %95 Türk erkek kullanıcının sürücü koltuğunda oturma pozisyonu ....                                                                    | 60 |
| <b>Şekil 5.31 :</b> %95'lik Türk erkek sürücünün 15° sırt açısıyla çıkan konfor analiz sonucu. ....                                                        | 60 |
| <b>Şekil 5.32 :</b> UIC 651 EK-H kontrol masasına ait yapısal ölçüler. ....                                                                                | 61 |
| <b>Şekil 5.33 :</b> UIC 612'de kontrol masasının üstten görünümü ve ölçülendirmesi. ....                                                                   | 62 |
| <b>Şekil 5.34 :</b> UIC 612'ye göre kontrol masası yerleşimi. ....                                                                                         | 62 |
| <b>Şekil 5.35 :</b> CAD data olarak oluşturulan kontrol masası. ....                                                                                       | 63 |
| <b>Şekil 5.36 :</b> %5'lik Kadın sürücünün erişim sınırları.....                                                                                           | 64 |
| <b>Şekil 5.37 :</b> %95'lik Erkek sürücünün erişim sınırları. ....                                                                                         | 64 |
| <b>Şekil 5.38 :</b> Kontrol masası kontrollerin yerleşim durumu. ....                                                                                      | 65 |
| <b>Şekil 5.39 :</b> Kısa kullanıcının 1010 mm masa yüzey yüksekliğinde alçak sinyal görüş sınırı. ....                                                     | 66 |
| <b>Şekil 5.40 :</b> Kısa kullanıcı ve kontrol masası yükseklik değerleri.....                                                                              | 67 |
| <b>Şekil 5.41 :</b> Kontrol masasının karşılaştırılması. ....                                                                                              | 67 |
| <b>Şekil 5.42 :</b> Oluşturulan son kontrol masa yapısı - kısa ve uzun kullanıcıların oturma pozisyonları. ....                                            | 68 |
| <b>Şekil 5.43 :</b> %5'lik kadın sürücünün erişim sınırları ve kontroller. ....                                                                            | 69 |
| <b>Şekil 5.44 :</b> %95'lik erkek sürücünün erişim sınırları ve kontroller. ....                                                                           | 69 |
| <b>Şekil 5.45 :</b> %95'lik erkek sürücünün kontrol masasıyla olan diz mesafesi. ....                                                                      | 70 |
| <b>Şekil 5.46 :</b> UIC 651 Ek-A sürücü – ön cam arası minimum ve maksimum mesafe. ....                                                                    | 71 |
| <b>Şekil 5.47 :</b> Kabin içi sürücü konumları. ....                                                                                                       | 72 |
| <b>Şekil 5.48 :</b> Sürücü kabini minimum hacmi ve sürücü konumları. ....                                                                                  | 73 |
| <b>Şekil 5.49 :</b> UIC 651 Ek-F1'e göre oluşturulmuş göz noktaları. ....                                                                                  | 73 |
| <b>Şekil 5.50 :</b> Göz noktalarının karşılaştırması.....                                                                                                  | 74 |
| <b>Şekil 5.51 :</b> %95'lik erkek kullanıcının ayakta sürüş konumu. ....                                                                                   | 75 |
| <b>Şekil 5.52 :</b> Lokomotif sinyal görüş alanları çıkarılmasında kullanılan göz noktaları. ....                                                          | 75 |
| <b>Şekil 5.53 :</b> UIC 651 Ek-D yüksek ve alçak sinyal görüşü. ....                                                                                       | 76 |
| <b>Şekil 5.54 :</b> TSI LOC&PAS 300 m kurb ve sinyal konumları. ....                                                                                       | 77 |
| <b>Şekil 5.55 :</b> Görüş alanlarının yandan görünüşü.....                                                                                                 | 77 |
| <b>Şekil 5.56 :</b> Görüş alanlarının üstten görünüşü.....                                                                                                 | 78 |
| <b>Şekil 5.57 :</b> %5'lik kadın ve %95'lik erkek Türk antropometrik değerlerine göre oluşturulmuş sinyal görüş alanlarının kontrol masası ile durumu..... | 78 |
| <b>Şekil 5.58 :</b> Sinyal görüş alanları. ....                                                                                                            | 79 |
| <b>Şekil 5.59 :</b> Dik cam üzerinde bulunan sürücü ve yardımcı sürücü görüş alanları....                                                                  | 80 |
| <b>Şekil 5.60 :</b> Eğimli cam üzerinde bulunan sürücü ve yardımcı sürücü görüş alanları                                                                   | 80 |
| <b>Şekil 5.61 :</b> Makinist arkası ön görüsel dolap yerleşimi. ....                                                                                       | 82 |
| <b>Şekil 5.62 :</b> Makinist kabin yerleşimi genel görünüşü-1.....                                                                                         | 82 |
| <b>Şekil 5.63 :</b> UIC 651 Ek-B basamak ve tutamaklar için tanımlı ölçüler. ....                                                                          | 83 |

|                                                                                                                       |           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Şekil 5.64 : Lokomotif giriş-çıkış alanları ve konumları.....</b>                                                  | <b>84</b> |
| <b>Şekil 5.65 : Lokomotif dış aydınlatma far konumları. ....</b>                                                      | <b>85</b> |
| <b>Şekil 6.1 : Karşılaştırma yapılan antropometrik bölgeler.....</b>                                                  | <b>87</b> |
| <b>Şekil 6.2 : UIC 651 Ek-F1 ile çalışmada oluşturulan koltuk- göz nokta<br/>konumlarının karşılaştırılması. ....</b> | <b>89</b> |
| <b>Şekil 6.3 : Kontrol masası ölçülendirme ve harflendirmesi.....</b>                                                 | <b>89</b> |
| <b>Şekil 6.4 : UIC 651 Ek-A’da tanımlanan sürücü kabin ölçüleri. ....</b>                                             | <b>91</b> |





# **TÜRK ANTROPOMETRİK DEĞERLERİNE UYGUN MERKEZİ OLMAYAN KONTROL MASALI LOKOMOTİFE AİT ERGONOMİK MAKİNİST KABİN TASARIM**

## **ÖZET**

Bir ürün tasarımına başlarken tasarlanacak ürünün her yönden iyi tanımlanması gerekmektedir. Bunlardan biri de insan ile ne kadar ve nasıl etkileşimde olacağıdır. Bu durum tasarım sürecinde, ergonomik tasarım kriterinin diğer kriterlere göre öncelik sırasını belirler.

Kullanıcı ile birebir etkileşimi olan ürünlerin veya alanların ergonomik olarak tasarlanması, kullanıcı deneyimi, beğenisi hatta sağlığı için büyük önem taşımaktadır. Tasarımda ürünün görselliği ne kadar etkileyici olsa da kullanılmaya başlanan bir üründe kullanıcının rahatlık hissiyatı ürün hakkındaki fikirlerini bir o kadar etkilemektedir.

Ergonomi insanın fiziksel boyut özelliklerinden, bir işi fiziksel olarak yapabilme kapasitesine kadar her durumu ile ilgilenir. Genetik yapı çeşitliliği ve çevresel faktörlerin etkisi, popülasyonlara özgü antropometrik ölçüleri ve sınır değerleri oluşturmaktadır. Bu yüzden tasarımı yapılacak ürünün hangi popülasyona ve hangi hedef kitleye yapılacağı iyi tanımlanmalı ve o topluma ait antropometrik değerler iyi bilinmelidir. Bu, tasarlanacak ürün veya alanlar için optimum ölçülerde faydalı bir model ortaya çıkarılmasını sağlayacaktır.

Yeni bir taşıt tasarımı yapılırken ergonomik olarak farklı değerlendirilmesi gereken 4 farklı fonksiyonun göz önünde bulundurulması gerekmektedir. Birincisi tasarlanan aracın montajında çalışan kişilerin ergonomisi, ikincisi araç sürücüsünün ergonomisi, üçüncüsü yolcu ergonomisi, dördüncüsü araç servisinde çalışan kişilerin ergonomisidir. Son kullanıcı olarak görülen sürücü ve yolcu ergonomisi diğerlerine göre daha öncelikli olarak değerlendirilmektedir.

Yolcu ergonomisi; kullanıcının araca binip seyahat konumuna kolaylıkla geçebilmesini, seyahat süresince güvenli ve konforlu seyahat edebilmesini, acil durumlar dahil kolaylıkla aracı terk edebilmesini sağlamaktadır.

Sürücü ergonomisi; yolcu ergonomisinde yapılan değerlendirmelere ek olarak araç kullanımına yönelik zorunlu tutulan ve önerilen ergonomi parametrelerini sağlamaktadır. Sürücü ve sürüş ergonomisi yalnızca sürücünün değil yolcu ve araç dışındaki canlıların da güvenliğini sağlayan kritik bir konudur.

Sürücü ergonomi çalışması temel olarak; sürücü geçişi olan bölgelerde gerekli olan net giriş-çıkış boşluklarının tanımlanmasını, sürücü konumlandırılmasını, koltuk hareketlerinin kontrollerini, sürüş sırasında kullanıcı etrafında olması gereken minimum boşluk hacminin tanımlanmasını, kontrollerin ve ünitelerin kullanımı için tanımlanan erişim kürelerinin en uzak ve en yakın mesafelerinin tanımlanmasını, kontrollerin ve ekranların görülebilirliklerinin sağlanmasını, üst ve alt ön görüş sınırlarının belirlenmesini, arka görüş için ayna görülebilirliklerinin sağlanmasını

ayrıca sürücü bölgesinde bulunacak sistem ve parçaların konumlandırılmasını içermektedir.

Lokomotif, yalnızca sürücü ve yardımcı sürücü ile etkileşimde olan demiryolu çeken araçlar sınıfına ait bir demiryolu aracıdır. Dolayısıyla bu çalışmada, lokomotif sürüşünden etkilenen sürücü ve yardımcı sürücü ergonomisi incelenmiştir.

Kontrol masası başında bulunan sürücünün fiziksel ve zihinsel durumunu lokomotif sürücü kabininin nasıl tasarlandığı, sürücünün çalışma ortamının rahatlığı çok büyük oranda etkilemektedir. Demiryolu kazalarının çok büyük kısmının insan hatalarından kaynaklandığını göz önünde bulundurursak sürücü ile etkileşimde olan bu alanın iyileştirilmesi ve bu durumu etkileyen faktörlerin değerlendirilmesi gerekmektedir.

Avrupa’da demiryolu araçları için tanımlanan ergonomik ölçülendirmeler ve sınırlar bulunmaktadır. Türkiye’de demiryolu araçları için Türk antropometrisine göre uyumlaştırılmış standartlar bulunmadığı için Avrupa da kullanılan standartlar uygulanmaktadır. Fakat Türkiye deki popülasyona ait antropometrik ölçüler Avrupa daki popülasyonlara göre farklılık göstermektedir.

Tasarlanacak lokomotif kabini ölçülerinin kullanacak kişilerin antropometrik ölçülerine uygun olmaması kötü bir tasarıma neden olmakla birlikte, sürücü verimliliğini azaltacak ve sürücü hatalarına neden olacaktır. Bu nedenle sürücülerin fiziksel özellikleri tasarıma yansıtılmalıdır. Tasarlanacak sürücü kabininin popülasyonlara göre kullanımı bu yüzden önemlidir.

Bu çalışmanın asıl amacı ülkemizde yerli olarak tasarlanan demiryolu araçları için Türk antropometrisine uygun olacak ölçülerin belirlenerek daha özel sınırlar tanımlamak ve lokomotif sürücü kabin tasarımları için ergonomi tasarım girdileri oluşturmaktır.

Çalışmada merkezi olmayan kontrol masasına sahip sürücü kabini olan lokomotif ergonomisinin Türk antropometrik ölçülerine uygunluğu değerlendirilmiştir. TSI Loc&Pas, UIC 651 ve UIC 612 standartları kılavuz olarak kullanılmış aynı zamanda karşılaştırmalar yapılmıştır. Değerlendirmeler ve karşılaştırmalar sonucunda UIC 651’de belirtilen antropometrik sınırların dışında kalan ölçülerin olduğu görülmüştür. Sınırların dışında kalan bu ölçülere göre tasarım gereklilikleri güncellenmiştir.

Sonuç olarak sürücü koltuk konumları, olması gereken koltuk hareketleri, kontrol masasının boyutları ve kontrollerin yerleşim sınırları belirlenmiştir. Sürücü konumlarına göre görüş alanları çıkarılarak yeterli ön ve yan cam büyüklükleri, konumları belirlenmiştir.

Belirlenen bu sınırlar aynı zamanda o bölgelerde bulunacak komponentlerin olabilecek maksimum boyutlarının belirlenmesi için de bir veri oluşturmaktadır.

# **ERGONOMIC NONCENTRAL LOCOMOTIVE CAB DESIGN FOR ANTHROPOMETRIC CHARACTERISTICS OF TURKISH DRIVER**

## **SUMMARY**

The design process of a product begins with the defining the product well in every aspect. One of them is how much and how the product will interact with user. In design process, this determines the priority of the ergonomic design criteria according to other criterias in the design process.

The ergonomy level of a product can affect the user experience and even can be harmful for the user's health that directly interacts with the product. Not only the high visuality of a product, but also the comfort level of the user while using the product affects the opinion of the user.

Ergonomy deals with every situation such as the specifications of the humany body dimension and the capacity of ability to accomplish a task physically. The structural variety of genetic and the effect of environmental factors present anthropometric dimensions and limitations according to the endemic populations. Therefore, the population and the target market, that the product will be designed for, must be well defined and anthropometric dimensions of the population as well. This will provide an optimal model for the products or areas to be designed.

While designing a new vehicle, ergonomically, there are four different functions that needs to be taken in consideration which first of all is the person who works in the assembly process of the vehicle, second is the ergonomy of the vehicle driver, the ergonomy of the passenger and the ergonomy of the persons who services the vehicle are the third and the fourth functions respectively. Instead of the others, driver ergonomy and passenger ergonomy as the last user has higher priority.

Passenger ergonomy must provide following statements which user should egress and ingress to the vehicle without any difficulty, the comfort and the security level of the user during the travel and user should egress from the vehicle with in ease even in emergency.

In addition to the terms in the passenger ergonomy mentioned above, driver ergonomy provides both the mandatory parameters and the recommended parameters. Driver and driving ergonomy is a critical topic that provides not only the driver security but also the security of the passangers in the vehicle.

Basically, study of driver ergonomy includes defining of the egress and ingress dimensions of the spaces that needs to be in the driver movement zone, positioning of the driver, checking the movements of seat, defining the minimum space volume that needs to be around the driver during the drive, defining the minimum and maximum distances of the defined reach zones inorder to use controls and insturmentation panel, providing best visibility of the controls and display screens, determination of the upper and lower vision limitations, adjusting the side(exterior)

mirrors to ensure the best visibility for the driver, also the positioning of the components that is designed to be located in the driver zone.

Locomotive is a railway traction vehicle to the class of railroad vehicle that only interacts with the driver and the co-driver. Therefore, in this paper, ergonomics of driver and co-driver who are affected by locomotive driving were studied.

Thus, in this paper, examinations of ergonomics factor that affects the ergonomics of the driver and co-driver while using have been made. The physical and mental condition of the driver at the control desk and the design of the locomotive driver cab affect the comfort of the driver's working environment. By taking into consideration, the large part of the factor that causes railway accidents is the human errors, improvement is going to be applied to the zone where the driver-locomotive interaction occurs and the factors that affect this condition needs to be evaluated.

In Europe, there are some definitions for railway vehicles such as ergonomics dimensions and limitations. European standards are generally used in Turkey. Because, there is no such a standard that composed with the Turkish anthropometries for the railway vehicles. But the anthropometric dimensions of Turkey population and the anthropometric dimensions of European population differs from each other.

The cab dimensions of the locomotive that will be designed and the anthropometric dimensions of a person who is going to use the locomotive should be proper. Otherwise, besides leading a bad design, this will reduce the efficiency of the driver and will be caused the driver failure. Therefore, physical specifications of the drivers should be taken into consideration. That is why, which population is going to use the locomotive is important.

Main objectives of this study are to determine ergonomics criteria for the cab driver of the locomotive designs and define more specific limitations for the railway vehicles according to the Turkish anthropometries, which is designed in our country.

In this study, the compatibility of Turkish anthropometric dimensions and locomotive that have driver's cab with a non-central control desk suitability has been evaluated. Comparisons are made according to the TSI Loc&Pas, UIC 651 and UIC 612 standards. Also, these standards have also been used as a guide in this study. As a result of evaluations and comparisons, it has been observed that there are measurements outside the anthropometric limits specified in UIC 651. Design requirements have been updated according to these dimensions.

Finally, locations of the driver seats, seat movements, dimensions of the control desk and limits of the control layout, also sizing and positioning of the front and side windows are determined.

Also, these limits which are determined helps us to define maximum dimensions of the components which is going to be located at that zones.

## 1. GİRİŞ

Ülkemizde demiryolu ulaşımının giderek artması ile birlikte farklı tip ve modelde demiryolu araçlarına ihtiyaç artmaktadır. Bu ihtiyaçların bir kısmı ülkemizdeki devlet fabrikaları olan TÜLOMSAŞ, TÜDEMSAŞ ve TÜVASAŞ tarafından karşılanmaktadır. Gelişen teknoloji ile birlikte daha yeni ihtiyaçlar ortaya çıkmakta ve yeni araç tasarımları bir gereksinim olmaktadır. Bu nedenle mevcutta üretimi yapılan demiryolu araçları, farklı demiryolu araçlarına olan ihtiyacı tam olarak karşılayamamıştır. İhtiyacın bir kısmı yurtdışından karşılanırken, bir kısmı da yurtiçinde halihazır demiryolu araçlarının üretimini yapan fabrikalardan karşılanıp aynı zamanda bu alanda hem tasarım hem üretim yapmak isteyen şirketler kurularak demiryolu araç tasarımı üzerinde çalışmalar başlatılmıştır. Böylece ülkemizde demiryolu sektörü ve tasarımı bir araya gelmiştir. Ülkemizde yıllarca demiryolu araç modellerinden bir kısmının üretimi yapılsa da araçların tasarımı üzerine çalışmak ayrı bir bilgi ve tecrübe gerektirmektedir. Bilgi birikiminin en başında bulunması gerekenler ise tasarlanacak araçlar için dünyada uygulanan kurallar, standartlar ve test prosedürleridir. Bu ülkelere göre değişen standartların çoğu birbirine benzer veriler içermektedir. Fakat bazı değer ve ölçüler için ülkeler kendilerine daha uygun bulduğu değerleri kullanmaktadır. Türkiye demiryolu için ihtiyaç duyduğu tasarımlara girdi sağlayacak standartlara avrupa genelinde de kullanılan TSI, UIC ve EN dökümanlarından sağlamaktadır.

Araç tasarımları yapılırken kullanıcıların kullanımına uygun olması çok önemlidir. Bu yüzden sürücülerin, yolcuların konforunu ve can güvenliğini sağlayan ergonomi standartları bulunmaktadır. Standartlarda belirlenen ergonomi değerleri ve kriterleri belirlenen bölgelerdeki antropometrik ölçüler alınarak oluşturulmaktadır. Dolayısıyla tek bir ülke veya bölge için araç tasarımı yapılacaksa standartlarda bulunan değerler buradaki antropometrik değerleri karşılamayabilir. Bir çok kişiye göre değişikliklik gösterebilecek antropometrik değerler belirlenirken en küçük değerden en büyük değere kadar sınıflandırma yapılır. Tasarlanacak araç ergonomisi için kadın, erkek, genç, yaşlı, uzun, kısa, zayıf, şişman her türlü kullanıcı düşünölmek zorundadır. Eğer

araç tasarımında antropometrik sınırlamalar yapılırsa sürücüler için belirli boy ve kilo sınırlamaları olmak zorundadır.

Kişilerin boy uzunlukları aynı olsa bile kol, bacak, boyun, el gibi diğer uzuvlarının boyları farklı olabilir. Bu durum yalnızca boy uzunluğuna bakılarak ergonomi değerlendirmelerinin yapılmaması gerektiğini gösterir.

Çalışmada Türk antropometrisine sahip lokomotif sürücülerinin oturma konumu ve oturma şekline göre görüş ve erişim alanları belirlenerek konfor seviyeleri çıkarılmıştır. Bunun için UIC de belirtilen standartlar göz önünde bulundurulmuş fakat antropometrik veriler için UIC de belirtilen sınır değerlerin dışına çıkılarak Türk antropometrik değerleri kullanılmıştır. Ergonomi analizleri yapılırken RAMSIS ve CATIA programları kullanılmıştır. Programda çıkarılan sonuçlar ayrıca manuel olarak yapılan hesaplamalar ve ölçümlerle de kontrol edilmiştir.

Lokomotif ön ve yan cam büyüklüğü, sürücü ile ön cam arası mesafenin etkileri, görüş konilerine göre kontrol masasının konumu ve ideal yapısının tasarımı, kullanıma bağlı olarak arka görüşün sağlanabilmesi için ayna konumları ve görüş konileri çalışılmıştır. Aynı zamanda TSI ve UIC de belirtilen standartların tasarım sürecinde nasıl uygulanacağı ve kontrol edileceği hakkında açıklamalara yer verilmiştir.

Sonuç olarak sürücünün ve yardımcı sürücünün konforlu ve güvenli bir şekilde kullanabileceği merkezi olmayan kontrol masası tasarımı için verilerle birlikte sürücü kabin tasarımına ait bazı kriterler ve hacimler çıkarılmıştır. Bu veriler tasarlanacak alanlar ve hacimler için gereğinden fazla büyük veya kullanılamayacak kadar küçük tasarımların çıkarılmamasına yardımcı olmaktadır. Aynı zamanda sürücülere olabildiğince konforlu bir sürüş sağlamaktadır. Sürücülerin konforu, sürüş sırasında oluşabilecek dikkatsizlik ve yorgunluktan dolayı oluşan kazaları en aza indirebilmektedir.

## **1.1 Tezin Amacı**

Bu çalışmanın amacı lokomotiflerde bulunan sürücü çalışma ve yaşam alanlarını Türk antropometrik değerlerine uygun şekilde ergonomik lokomotif kabin tasarım verileri geliştirmektir.

İnsan toplulukları arasında, vücut ölçüleri ve oranları açısından oldukça fazla varyasyon görülmektedir. Her popülasyon için gerekli olan ergonomiye ait standartların oluşturulması ve tasarımlarda bu değerlerin gözönünde bulundurulması, ülke insanımız için de gerekli olan bir durumdur. Demiryolu araçlarının sürücü ergonomisine yönelik hazırlanmış standartlarında bulunan ölçüler, çok daha geniş popülasyonlar için oluşturulmuştur. Bu durum göz önünde bulundurulduğunda ülkemiz için tasarlanacak bir lokomotifin sürücü ergonomisi, Türkiye popülasyonu özelinde değerlendirilecek ve optimal ölçüler bulunarak daha kullanışlı bir tasarım gerçekleştirilecektir.

TSI ve UIC standartlarıyla karşılaştırma yapabilmek için bu standartlarda bahsi geçen en uzun sürücü ve en kısa sürücünün karşılığı olarak ergonomi çalışmalarında üst limit için %95'lik Türk erkek antropometrisi alt limitler için %5'lik Türk kadın antropometrisi kullanılmıştır. Kontrol masası ölçülerinin dışında referans alınabilecek fazla veri bulunmadığından dolayı bu boyutlara sahip sürücülerin en uzak ve en yakın erişim mesafeleri hesaplanmıştır. Bu değerler kullanıcı masası için yeterli olan büyüklükleri belirleyerek birincil öncelikli kullanımı olan kontrollere erişimin sağlanıp sağlanmadığını gösterecektir. Direkt görüş için standartda belirtilen mesafelerdeki görüş konileri oluşturulmuştur. Öncelikle görüş konilerinin nasıl oluşturulması gerektiği hakkında bilgi verilmiştir. Oluşturulan bu koniler ile kontrol masası yüksekliği, sürücü-ön cam arası mesafe ve ön cam büyüklüğünün birlikte değerlendirmesi yapılarak referans olarak kullanılacak değerlerin çıkarılması amaçlanmıştır. Aynı zamanda sürücünün koltuk ile birlikte dönüşleri hesaplanarak sürücünün hareket sınırları belirlenmiştir. Çıkarılan bu hacim ölçüleri sürücünün hareket alanlarını belirlediği için tasarımı yapılacak kontrol masası ve üzerindeki diğer kontrollerin bu alanların dışında tutularak tasarlanmasını sağlayacaktır.

Genel olarak bakıldığında Türkiye'de kullanılması düşünülen tasarımı yapılacak lokomotiflerin tasarım süreçlerine referans ve veri sağlayacak bir çalışma olması amaçlanmaktadır.



## 2. ERGONOMİ NEDİR?

Ergonomi, insanların antropometrik, biyomekanik, fizyolojik, anatomik, psikofizik, psikolojik vb konulardaki bilgileri içeren multidisipliner bir bilimdir. Sistem ve ekipmanların tasarımının insan yapısına, yeteneklerine ve limitlerine uygun olarak yapılabilmesini sağlamaktadır.

Ergonominin temel amacı, kullanıcılar (sürücüler) ile ekipman (araç) arasında mümkün olan en iyi uyumu sağlayacak arayüz elemanlarını kullanıcıların güvenliğini, konforunu, verimli bir performans sağlayacak şekilde tasarlamaktır.

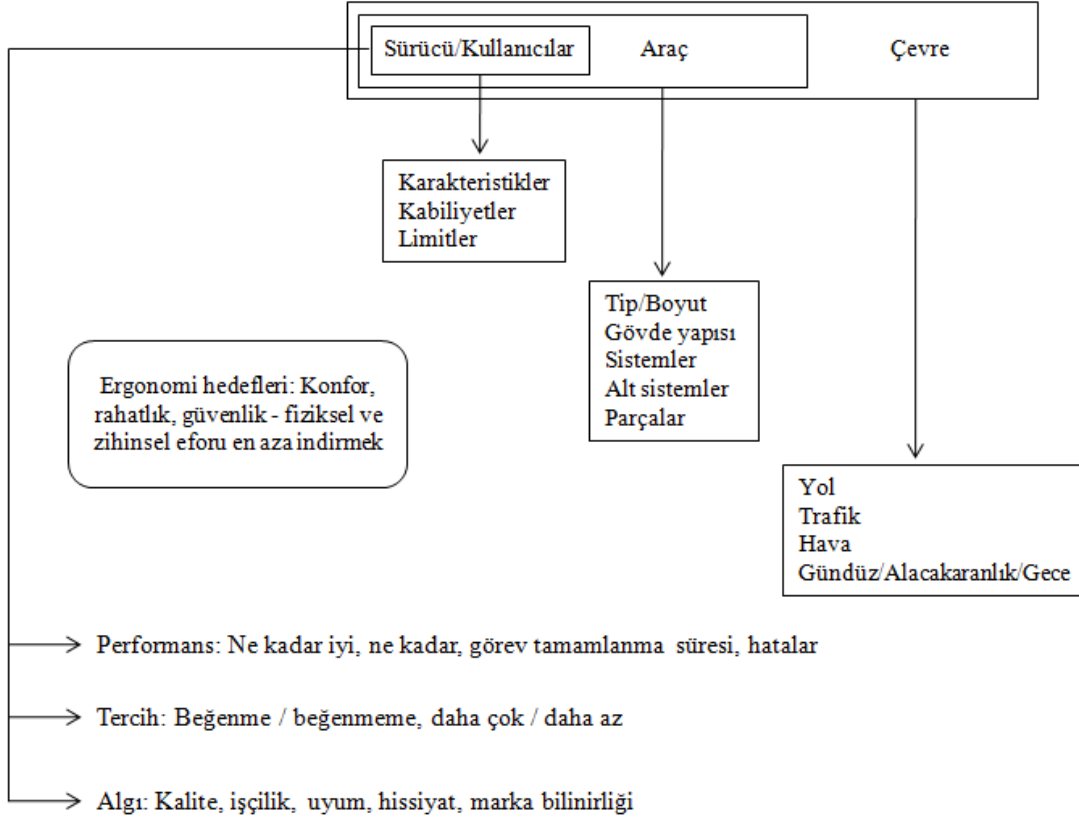
II. Dünya Savaşı'ı sonrasında ABD'de ergonomi alanı daha çok psikologlar arasında ekipman ve süreç tasarımında karşılaşılan problemleri çözebilmek için insan bilgisinin işlenmesi olarak ortaya çıkmıştır. Avrupa ülkelerinde biyomekanik uygulamalar üzerinde durularak, endüstrilerdeki çalışma alanlarını ve meslekleri geliştirmek için 1949'larda ortaya çıkmıştır. Ergonomi kelimesi yunanca 'ergon' iş ve 'nomos' yasalar anlamına gelen iki kelimenin birleşimi ile oluşturulmuştur. 25 yılı aşkın bir süredir insan fiziksel özelliklerini ve bilgi işlemi olarak her iki konuyu içeren bu alan 'insan mühendisliği' veya 'ergonomi' olarak tanımlanmaktadır.

### 2.1 Araç Ergonomisi

Otomobil, kamyon, otobüs, lokomotif, tren seti, uçak vb. araç tasarımları tasarımcılar, gövde mühendisleri, şasi mühendisleri, güç aktarma mühendisleri, elektrik mühendisleri, ergonomi mühendisleri, üretim mühendisleri, ürün planlamacıları ve pazar araştırmacıları tarafından verilen birçok girdinin entegrasyonunu içermektedir. Araç tasarım faaliyetleri, araçtaki sistemlerin farklı gereksinimlerini karşılaştırmalı olarak eş zamanlı değerlendirerek gerçekleştirilir. Sistemler yalnızca iyi çalışmamalıdır satın alan ve kullanan müşterileri her açıdan memnuniyetini sağlamalıdır. Bu yüzden araç geliştirme ve tasarlama ergonomisi; dış trim, iç trim, elektrik ve entegrasyon mühendisliği ekiplerinin koordineli olarak çalışmalarını içermektedir. Çalışmalarda ergonomik gereklilikler ve olası sorunlar en

erken şekilde göz önünde bulundurulur ve aracı kullanırken kullanıcıların güvenlik, konfor ve diğer ihtiyaçlarını karşılamak üzere çözümlenir.

Ergonomi mühendislerinin sürücü, araç ve çevre özelliklerinin birbirleriyle ve bunların sürücü performansı, tercihi ve algı ilişkisi ile birlikte değerlendirmesi Şekil2.1’de gösterilmiştir.



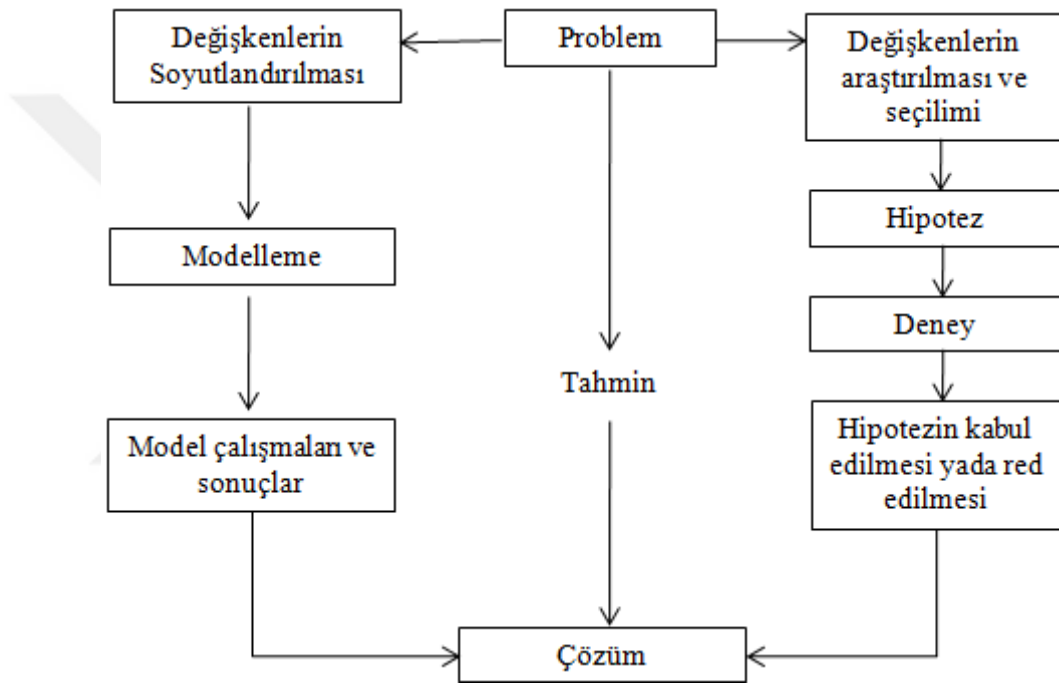
**Şekil 2.1 :** Ergonomide sürücü , araç ve çevre özelliklerinin birbiriyle ilişkisi

### 2.1.1 Ergonomide problem çözme metodolojisi

Yeni bir araç geliştirilirken karşılaşılan birbirinden farklı sorunları çözebilmek için, ergonomi mühendisleri birçok farklı yaklaşımla çözüme gidebilir. Tasarım sürecinde karşılaşılan sorunların çoğu ivedilikle çözülmesi istenmektedir. Çözüme gidilirken kullanılan üç temel yöntem Şekil 2.2’de verilmiştir.

Konu ergonomi olduğunda birçok kişinin kolaylıkla anlayabileceği problemler olması nedeni ile çözüme kısa sürede ulaşılacak yaklaşımlar tercih edilir ve bunu sağlayan seçenek, Şekil 2.2’de gösterilen ‘Varsayım’ yoludur. Varsayım ile oluşturulan çözümler genellikle diğer iki yaklaşıma göre nesnel olarak

görülmemektedir. Yöntem uygulanırken ergonomi mühendisi; elde bulunan verilerle problemi gözden geçirir, önceki çalışmaları inceler, diğer ergonomi uzmanlarının fikrini alır, mevcut model üzerinde çalışır ve en iyi varsayım ile çözüme gider. Daha fazla zamana sahipse literatür ya da data araştırması yapar; daha iyi, rakipler tarafından yapılmış ürünleri inceler, önceden oluşturulmuş modeller üzerinde analiz yapar hatta hızlı bir şekilde model üzerinde deneme yapması bile çözüm önerisine yardımcı olur. Sonuç olarak varsayım ile ulaşılan çözümün sağlamlığı, karar veren ergonomi sorumlusunun sahip olduğu uzmanlık seviyesine ve varsayımda bulunurken mevcut olan bilgi miktarına bağlı olacaktır.



**Şekil 2.2 :** Ergonomide çözüme ulaşmanın temel yöntemleri

Şekil 2.2’de yer alan modelleme yaklaşımı; iyi geliştirilmiş ve doğrulanmış bir modelin olduğu durumda tercih edilir. Bu yöntemde değişken değerlerinin farklı kombinasyonları model üzerinde denenerek en iyi sonuca ulaşılmaya çalışılır. Fakat yeni bir problemle karşılaşıldığında, çözümü öngörece bir model bulunmadığı için deneysel yaklaşım en iyisi olabilir. Deneysel yaklaşımda ise bağımsız değişkenlerin en iyi kombinasyonunu oluşturabilmek için ergonomi mühendisi tarafından deney tasarlanarak değerlendirilir. Fakat bu yöntem çok zaman alıcı ve maliyetlidir. Yetkin bir ergonomi mühendisi, belirtilen bu üç yaklaşımın özgün bir kombinasyonunu kullanır.

### 2.1.2 Araç tasarımında ergonomi mühendislerinin sorumlulukları

Ergonomi mühendisleri araç geliştirme ekibinin bir parçası olarak kabul edilmektedir. Aracın konsept çalışmalarıyla birlikte aktif olarak çalışmalara başlar ve araç üretilip test edilme sürecinin sonuna kadar çalışır. Aracın yollarda kullanımı başlayıp devam ettiği sürece geliştirme süreci devam eder.

Sürücü ergonomisi için olması gereken gereklilikler aracın konsept tasarımına etkisini büyük oranda etkilemektedir. Bu yüzden tasarımın başlangıcında ergonomi mühendisi tarafından data ve bilgi beklenir. Tasarım ilerlediğinde sürücü ergonomisi için uygun olmayan durumların düzeltilmesi çok büyük bir problemdir. Küçük bir değişiklik olsa bile aracın stilinde, seçilen mekanik parçaların tasarımında büyük bir değişikliğe neden olabilir.

Araç ergonomi mühendislerinin ana görevleri şu şekilde özetlenebilir;

- Ergonomi analiz sonuçları, regülasyon isterleri ve diğer veriler ile ilgili raporlamayı zamanında tasarım ekipleri ve yöneticiler ile paylaşarak ürün tasarımının karar verme süreçlerine girdi sağlamak.
- Araç geliştirme sırasında çıkan sorunları değerlendirmek için mevcut yöntem, model ve regülasyonları uygulamak.
- Karşılaşılan sorunlar için hızlı aksiyon almak. Örnek; basit bir örnek model oluşturup kişiler üzerinde deneme yapılması.
- Değerlendirme raporlarını; tasarlanan ürünün konsept çalışmalarını, teknik resimlerini, CAD modellerini inceleyerek, yapılan prototiplerde denemeler yaparak ve rakip firmaların mevcut ürünleri ile karşılaştırma yaparak tamamlamalıdır.
- Rakip üreticilerin katılımlarının olduğu fuarlara katılmak, mümkünse sürüş denemeleri yaparak tasarlanan ürün için veriler toplamak,
- Müşteri memnuniyet anketlerini, pazar araştırması verilerini, birebir kullanıcılar ile yapılan inceleme anketlerini ve basında yayımlanan ilgili haberleri takip etmeli,
- Araç tasarım sürecinde ergonomi değerlendirmeleri için puanlama yapmak,
- Araç tasarım ekiplerine tasarım süresince destek vermek,

- İleriki çalışmalar için faydalı olacak bilgi ve araştırmaları saklamak , süreçler oluşturmak.

Ergonomi mühendisi için tanımlanan görev ve sorumluluklar, tasarım sürecine yön verilmesi olarak görülsede daha önemlisi araç kullanıcılarına olan etkisiyle, hayati önem taşımaktadır. Dolayısı ile kullanıcıya uygun bir araç tasarlanırken kullanıcıların yada potansiyel kullanıcıların fiziksel özellikleri, yetenekleri, alışkanlıkları göz önünde bulundurulur. Kullanıcılar ne kadar iyi tanımlanırsa o kadar iyi tasarlanmış bir araç ortaya çıkacaktır. Örnek olarak; bir tasarımcı tasarlanan otomobilin gösterge panellerine kırmızı ışık eklemek isteyebilir bu noktada ergonomi mühendisi durum değerlendirmesini yapar; verilere baktığında erkeklerin %8'inin renk körü olduğunu belirtir. Tasarımcı istediği tasarımı ortaya çıkarabilmek için fikrini savunacaktır ve askeri uçaklarda kırmızı ışıklı gösterge panellerinin kullanıldığını örnek olarak gösterebilir. Tam bu durumda hangi kullanıcılar için tasarım yapıldığı önem taşımaktadır. Ergonomi mühendisi; renk körlüğü olan kişilerin pilot ehliyeti alamadığını fakat otomobillerde böyle bir kullanıcı kısıtının olmadığını belirtirken aynı zamanda tasarımcıya kırmızı renk yerine portakal kırmızısı kullanabileceğini söyleyerek çözüm önerisi de sunmalıdır.

Örnekte görüldüğü gibi aracın hangi kullanıcıya göre tasarlanacağı büyük önem taşımaktadır.

## **2.2 Demiryolu AraçlarınınErgonomik Sürücü Kabin Tasarımı Üzerine Yapılmış Çalışmalar**

Tez çalışmasına başlamadan önce demiryolu araçlarının ergonomisi ile ilgili olan standartlar araştırılmıştır.Demiryolu araçlarına ait sürücü ergonomisi genel olarak, TSI Loc Pas: Lokomotiflerin Uluslar Arası İşletilebilirlik Şartnamesi; UIC 651: Lokomotif, Tren Setleri, Demiryolu Çeken Araçlarının Sürücü Kabin Yerleşimi ve UIC 612-0: Lokomotif, Tren Setleri ve Sürücülü Diğer Demiryolu Araçları için Sürücü Makine Arayüzü standartlarında, kullanılması istenen veya referans alınması için önerilen değerler verilmektedir. TSI Loc Pas dökümanında, lokomotive ait alt sistem parçalarının gereksinimleri, fonksiyonları ve teknik özellikleri hakkında zorunluluklar; sürücü ve yolcuların konfor, sağlık ve güvenliği için sağlanması gereken ortam koşulları belirtilmektedir. UIC 651'de sürücü ve yardımcı sürücünün antropometrik değerleri en uzun ve en kısa ölçüler olarak verilmektedir. Aynı

zamanda sürücü kabini ve kontrol masası için ölçüler tanımlamakta, sinyal görüşlerinin zorunlu görülebilirlik mesafeleri belirtilmektedir. UIC 612’de sürücünün lokomotif kullanımında kullandığı kontrol kollarını, düğmelerini önceliklerine göre yerleşimlerini tanımlar, olması gereken boyutlarını belirler. Bu dökümanlar tez çalışmasında izlenecek yol için bir rota çıkarmıştır. Standartlarda bahsi geçen konular ve ölçüler Türkiye coğrafyasındaki antropometrik değerler ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma ‘Anadolu İnsanın Antropometrik Boyutları’ Güleç (2006) ve ‘Estimated anthropometric measurements of Turkish adults and effects of age and geographical regions’ İşeri ve Arslan (2009) çalışmalarında çıkarılan Türkiye popülasyonunun antropometrik verileri alınarak yapılmıştır.

Benzer çalışma ‘Layout of Drivers’ Cab In Asian Rail Vehicle’ Park ve diğerleri (2015) ile yapılmıştır. Çalışmada öncelikle Kore insanların antropometrik verileri analiz edilmiş ve Kore demiryolu araçlarının sürücü kabinleri üzerinde durulmuştur. Daha sonra çalışma genişletilerek diğer Asya ülkelerine ait antropometrik değerler ile Asya demiryolu araçlarının sürücü kabinleri ile karşılaştırılması yapılmıştır. Elde edilen bu verilerle UIC 651’de tanımlanan verilerin birbiri ile uygunluk durumları değerlendirilmiştir. Sonuç olarak Kore ve Asya antropometrik değerlerinin UIC 651’de verilen değerlerin altında olduğu, Kore ve Asya demiryolları için kullanılacak demiryolu araçlarının sürücü kabinlerinin çıkarılan antropometrik değerlere göre güncellenmesi gerektiği belirtilmiştir.

Diğer bir çalışma ‘Amsterdam Metro Cab: Ergonomics In The Design, Verification and Validation Process’ Weide ve diğerleri (2012) ‘dir. Bu çalışmada Alstom’a ait Amsterdam metrosunun sürücü kabininin ergonomik değerlendirilmesi yapılmıştır. Hollanda ülkesindeki antropometrik veriler göz önünde bulundurularak UIC 651 verileriyle birlikte manikin modelleri oluşturulmuş mevcut kabinin tasarımı incelenerek daha ergonomik bir tasarıma gidilmiştir. Çalışma sonucunda kontrol masasında kullanılan otomatik fren kolu ve hız kolunun tasarım olarak büyük olduğu, sürücü tarafında kalan kol kısmının yüksekte kaldığı, ayarlanabilir ayak dayama yerinin gereklilikleri ortaya konulmuştur. Bu doğrultuda güncellenen kontrol masası tasarımının modelleri yapılarak denemeler gerçekleştirilmiş. Kullanıcı denemeleriyle birlikte daha ergonomik bir tasarımın gerçekleştirildiği sonucuna varılmıştır.

Demiryolu araçlarına ait sürücü kabinlerinin tasarım süreçlerinde ergonomik bir çok veri çıkarılıp, modeller yapılsada gerçek değerlendirmeler uzun süreli bir kullanım sonucunda ortaya çıkmaktadır. Bu yüzden tez çalışmasında yapılacak değerlendirmeler esnasında ‘ Ergonomic Analysis Of Train Driver Workplace On Train ICS Pendolino Series 310’Žnidarič ve diğerleri (2000) çalışmasında ergonomi kriterleri çerçevesinde tren sürücüleri ile yapılan anket sonuçları göz önünde bulundurulmuştur.

Ergonomi çalışmalarında modelleme programı olarak yaygın kullanılan ‘CATIA Human Builder’ ve sürücü ergonomisi için kullanılan RAMSIS programlarının kütüphanesinde Türk antropometrik verileri bulunmamaktadır. Bu yüzden sürücüleri temsil eden modellerin (manikinlerin) boyutları manuel olarak oluşturulmuştur.



### 3. ARAÇ TASARIMINDA ANTROPOMETRİK DEĞERLER VE KULLANIMI

Araç tasarımına başlarken ne tür bir araç yapılacağı, boyutları, teknik isterleri gibi temel konularda fikir alışverişleri yapılmaktadır. Yapılacak araçta sürücü boyutları, yolcu varsa ne kadar yolcu olacağı, yolcuların ne kadarı ayakta ne kadarı oturarak gideceği gibi temel konularda değerlendirilmektedir. Bu noktada insana ait antropometrik veriler, sürücü ve yolcu için ayrılan hacimler için girdi sağlamaktadır.

Ergonomi açısından bakıldığında araç tasarlamadaki ilk adım, kullanıcıları, kullanıcı popülasyonlarını ve bunların antropometrik, biomekanik özelliklerini belirlemektir. Kullanıcı popülasyonuna ait antropometrik veriler, aracın birçok temel boyutunun belirlenmesinde önemli rol oynayacaktır. Biomekanik veriler ise kullanıcının konfor seviyesini sağlayacak şekilde araç tasarımının yapılmasına yardımcı olacaktır.

Tasarım sürecinde kullanılan insan karakteristikleri ve kabiliyetleri şu şekilde sınıflandırılır:

- Fiziksel özellikler; cetvel, mezro, pergel, terazî, strengçe gibi çeşitli cihazlar ile ölçümü yapılarak alınmış değerlerden oluşmaktadır. Bu özellikler iki farklı ana başlıkta gruplandırılır:

Antropometrik özellikler: Genellikle insanların statik durumunda ayakta dik veya oturur pozisyonlarında üzerinden alınan uzunluk ölçüleri, yüzey alanları, hacimleri, ağırlık merkezi ve ağırlıkları antropometrik özellikleri oluşturmaktadır.

Biomekanik özellikler: İnsanların uygulayabilecekleri kuvvet, taşıyabilecekleri yük, taşıma/kullanım mesafe değerlerini içeren özelliklerden oluşmaktadır.

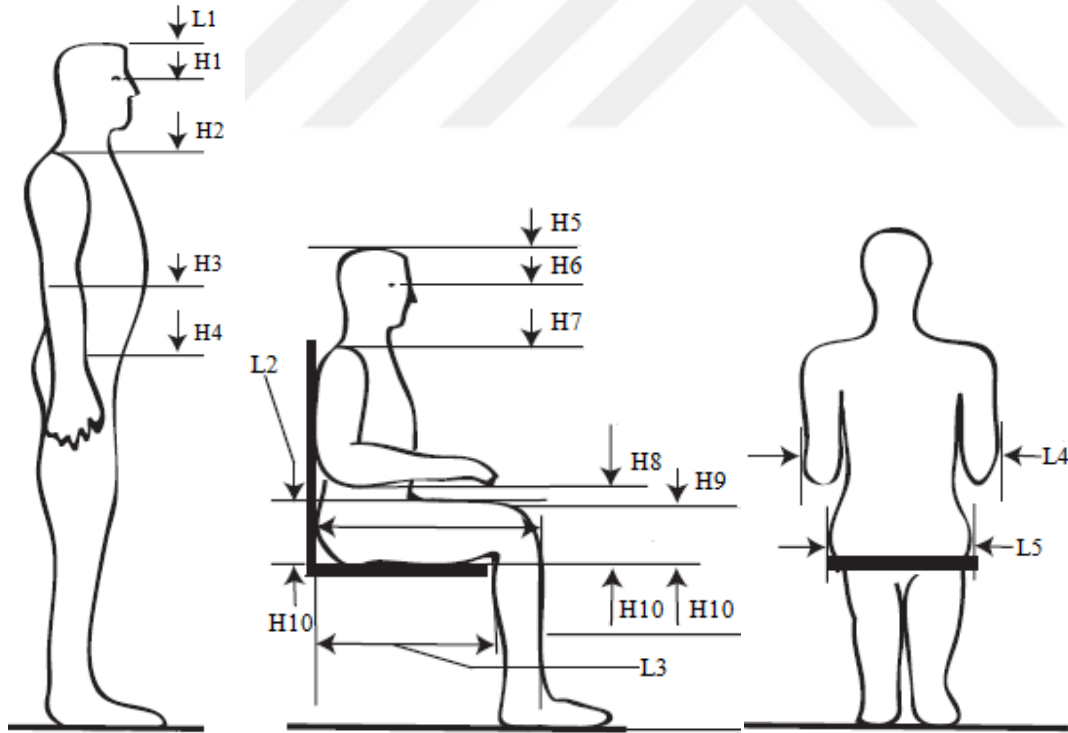
- Bilişsel özellikler; göz, kulak gibi duyuşal organlarla bilgi edinmeyi, algılanan bilgiyi beyne iletmeyi, bellekte depolanan bilgiyi hatırlamayı, karar vermeyi içeren bilişsel yetenekleri içeren özelliklerdir. Genel olarak insan yetenekleri insanlar büyüdükçe düşmektedir. İnsan yetenekleri 25 yaşından

sonra on yılda bir %5 ila %10 arasında düşmeye başlar. Bu nedenle çoğu görevin yerine getirilmesinde insan performansı önemli ölçüde değişiklik göstermektedir. Bir araç tasarlanırken, ergonomi mühendisleri, popülasyondaki çoğu kullanıcının araçla ilgili görevleri yerine getirebileceğinden emin olmalıdır.

Çalışma antropometrik veriler üzerinden alınan statik veriler ile yapılmıştır. Biomekanik ve bilişsel özelliklerin değerlendirilmesi için farklı yöntemler ve uygulamalar kullanılmaktadır.

Antropometride tanımlanan 300 farklı ölçü bulunmaktadır ve genellikle 37 tane ölçü değeri üzerinde çalışılmaktadır. Sürücü ergonomisinde yaklaşık 15 antropometrik değer sürücü için önemli olan temel verileri oluşturabilmektedir.

Sürücü ergonomi çalışmalarında çoğunlukla kullanılan antropometrik veriler Şekil 3.1’de gösterilmiştir. İnsanların ayakta ve oturur pozisyonda hangi antropometrik boyutlarının nasıl ölçüldüğü de belirtilmiştir.



**Şekil 3.1 :** Statik antropometrik boyutlar, Bhise (2012)’den uyarlanmıştır.

Şekil 3.1’de belirtilen ve seçilen antropometrik ölçülendirmeler çalışmanın türüne, konusuna, üzerinde çalışma yapılan aracın sınıfına göre değişiklik

gösterebilmektedir. Numaralandırılmış bu bölgelerin isimlendirmesi Çizelge 3.1’de verilmiştir.

**Çizelge 3.1 : Statik antropometrik boyutların tanımlanması.**

| No  | Tanım                                        |
|-----|----------------------------------------------|
| L1  | Boy uzunluğu                                 |
| H1  | Göz yüksekliği                               |
| H2  | Omuz yüksekliği                              |
| H3  | Dirsek yüksekliği                            |
| H4  | El bileği yüksekliği                         |
| H5  | Oturma yüksekliği                            |
| H6  | Oturur pozisyonda göz yüksekliği             |
| H7  | Oturur pozisyonda omuz yüksekliği            |
| H8  | Oturur pozisyonda dirsek yüksekliği          |
| H9  | Oturur pozisyonda diz yüksekliği             |
| H10 | Referans oturma yüksekliği                   |
| L2  | Oturur pozisyonda kalça-diz arası uzunluk    |
| L3  | Oturur pozisyonda kalça-baldır arası uzunluk |
| L4  | Ön koldan ön kola genişlik                   |
| L5  | Kalça genişliği                              |

Ölçümü alınan insan antropometrik değerlerinin çoğunluğu normal dağılım eğrisi şeklinde olduğu görülmüştür. Bu nedenle araç ölçülerine uygun yerleşim yapmak için popülasyonların yüzdelik değerlerinin hesaplanmasında genellikle normal dağılım hesaplaması kullanılır.

‘x’ ile gösterilen rastgele bir değişkenin normal dağılımı aşağıdaki gibi tanımlanır.

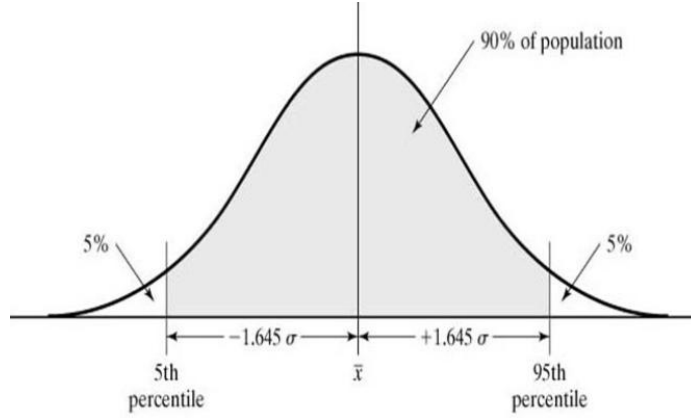
$$f_x(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \left\{ -\frac{(x - \mu)^2}{2\sigma^2} \right\} \quad (3.1)$$

Denklem 3.1’de antropometrik ölçülerden hangisinin dağılımı hesaplanıyorsa o ölçü x değişkeni olarak tanımlanmaktadır. Olasılıklı yoğunluk fonksiyonu  $f_x$  olarak tanımlanmaktadır. X’in normal dağılımının ortalaması ‘ $\mu$ ’ ile, dağılımın standart sapması ise ‘ $\sigma$ ’ gösterilmiştir.

Ortalama ( $\mu$ ) ve standart sapma ( $\sigma$ ) normal dağılımın iki parametresidir.  $f(x)$  'in kümülatif dağılımı  $F(x)$  olarak gösterilir ve şöyle tanımlanır:

$$F(x) = \int_{-\infty}^x f(x)dx = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-(x-\mu)^2/2\sigma^2} dx \quad (3.2)$$

Normal dağılım simetrik olduğundan ortalama,  $F(x) = 0.5$ 'dir ve %50'lik değeri tanımlar. Bu nedenle, %50 'lik değer ortalamaya eşittir ( $\mu$ ). Şekil 3.2'de örnek olarak bir popülasyona ait normal dağılım eğrisi verilmiştir.



**Şekil 3.2 :** Bir popülasyona ait normal dağılım eğrisi.

Yüzde değerleri bir  $x$  değişkenine bağlı yerleşim hesabı yapabilmek için kullanılır. Örneğin bir  $x$ 'in %95'lik değeri  $F(x) = 0.95$  olarak tanımlanacaktır. Eğer ' $x$ ' değeri bireylerin boyunu ifade ediyorsa o zaman  $x$ 'in %95'lik değeri, popülasyondaki bireylerin sadece % 5'inin bu değerden daha uzun olacağı anlamına gelecektir.

### 3.1 Türkiye Popülasyonuna Ait Antropometrik Veriler

Türkiye'de antropometrik verilerin oluşturulması için yapılan çalışmalar yetersizdir. Kapsamlı çalışmalardan ilki olan 'Türkiye'nin Antropometrik Etüt Araştırması' (Devlet İstatistik Dairesi, 1937) Atatürk'ün isteği üzerine gerçekleştirilmiştir. Daha sonra 1960, 1999, 2004-2007, 2009 yıllarında Türkiye popülasyonunun antropometrik verilerinin oluşturulması için çalışmalar yapılmıştır. Çalışmaların bir çoğu, belirli bir cinsiyet, bölge yada bir grup içerisinde yapıldığı için çok kapsamlı veriler değildir.

Lokomotif sürücü ergonomisi çalışmasında kullanılacak antropometrik veriler, farklı bölgelerin yer aldığı, yaş aralığının daha geniş alındığı iki çalışmadan alınmıştır.

Bunlardan birincisi 'Anadolu insanının antropometrik boyutları' (Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri, 2006 ) başlıklı Prof. Dr. Erksin Güleç tarafından hazırlanan rapordur. Bu çalışma, Türkiye İstatistik Kurumu (TİK) tarafından tabakalı, çok aşamalı, kümeli, ağırlıklı örneklem yöntemiyle 14 ilden 1050'si kadın, 1050'si erkek olmak üzere 20-65 yaşları arasında toplam 2100 denek ile gerçekleştirilmiştir.

İkinci çalışma; ‘Estimated anthropometric measurements of Turkish adults and effects of age and geographical regions’ (International Journal of Industrial Ergonomics, 2009) İşeri ve Arslan (2009) tarafından yapılan çalışmadır. Bu çalışma yedi bölgeden 2263 erkek ve 1942 kadından oluşan, 20-85 yaş arasında dağılım gösteren, 4205 birey ile yapılan çalışmaya dayanmaktadır.

Çizelge 3.2’de Türk erkeklerinin; Çizelge 3.3’de Türk kadınlarının antropometrik değerleri, tanımlayıcı istatistikleri ve seçilmiş yüzde değerleri verilmiştir. (Güleç, 2006)

**Çizelge 3.2 :** Türk erkeklerinin antropometrik değerleri, tanımlayıcı istatistikleri ve seçilmiş yüzde değerleri, (Güleç, 2006).

|                       | Ort.   | SS.   | 5.     | 25.    | 50.    | 75.     | 95      |
|-----------------------|--------|-------|--------|--------|--------|---------|---------|
| Boy (cm)              | 168.88 | 6.76  | 158.30 | 164.20 | 168.70 | 173.60  | 179.85  |
| Ağırlık (kg)          | 74.74  | 12.32 | 55.90  | 66.00  | 73.65  | 82.63   | 96.80   |
| Büst yüksekliği*      | 887.27 | 36.38 | 825.55 | 863.00 | 887.00 | 912.00  | 946.00  |
| Alt taraf yüksekliği* | 964.20 | 56.57 | 867.55 | 931.75 | 967.00 | 1002.00 | 1050.00 |
| Diz yüksekliği*       | 522.99 | 27.36 | 480.00 | 504.75 | 522.00 | 542.00  | 568.00  |
| Alt bacak yüksekliği* | 483.85 | 44.90 | 415.00 | 450.00 | 482.00 | 514.00  | 562.00  |
| Kafa uzunluğu*        | 186.40 | 7.91  | 173.00 | 181.00 | 186.00 | 192.00  | 199.00  |
| Tüm kol uzunluğu*     | 748.54 | 37.21 | 687.55 | 725.00 | 751.00 | 773.00  | 808.90  |
| Üst kol uzunluğu*     | 353.11 | 23.73 | 312.00 | 339.00 | 354.00 | 367.00  | 390.00  |
| Ön kol uzunluğu*      | 269.22 | 16.40 | 241.55 | 258.00 | 270.00 | 280.00  | 295.00  |
| Kalça-diz uzunluğu*   | 557.67 | 40.18 | 468.00 | 542.75 | 563.00 | 583.00  | 613.00  |
| Üst bacak uzunluğu*   | 475.03 | 41.74 | 417.55 | 447.00 | 470.00 | 495.00  | 562.00  |
| Ayak uzunluğu*        | 261.48 | 13.08 | 242.55 | 254.00 | 261.00 | 270.00  | 282.00  |
| El uzunluğu*          | 195.54 | 10.46 | 178.55 | 189.00 | 196.00 | 202.00  | 212.45  |
| El parmak uzunluğu*   | 106.74 | 7.06  | 94.00  | 102.00 | 107.00 | 111.00  | 118.00  |

\*Ölçü değeri mm olarak verilmiştir.

**Çizelge 3.3 :** Türk kadınlarının antropometrik değerleri, tanımlayıcı istatistikleri ve seçilmiş yüzde değerleri, (Güleç, 2006).

|                       | Ort.   | SS.   | 5.     | 25.    | 50.    | 75.    | 95      |
|-----------------------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|---------|
| Boy (cm)              | 155.03 | 5.93  | 147.10 | 154.73 | 161.35 | 168.88 | 177.40  |
| Ağırlık (kg)          | 67.12  | 14.17 | 50.21  | 61.13  | 69.70  | 79.58  | 95.30   |
| Büst yüksekliği       | 820.74 | 35.52 | 775.05 | 817.00 | 855.00 | 888.00 | 935.00  |
| Alt taraf yüksekliği* | 869.14 | 50.11 | 804.00 | 864.00 | 913.00 | 970.00 | 1034.00 |
| Diz yüksekliği*       | 477.60 | 23.00 | 448.05 | 475.00 | 498.00 | 524.00 | 558.00  |
| Alt bacak yüksekliği* | 431.77 | 33.66 | 391.00 | 425.00 | 451.00 | 488.00 | 543.00  |
| Kafa uzunluğu*        | 176.77 | 7.14  | 168.00 | 175.00 | 181.00 | 188.00 | 197.00  |
| Tüm kol uzunluğu*     | 683.68 | 39.80 | 633.00 | 680.25 | 716.00 | 755.00 | 794.95  |
| Üst kol uzunluğu*     | 325.72 | 28.43 | 289.00 | 321.00 | 341.00 | 360.00 | 384.00  |
| Ön kol uzunluğu*      | 237.17 | 16.95 | 217.00 | 236.00 | 253.00 | 271.00 | 289.00  |
| Kalça-diz uzunluğu*   | 548.36 | 29.59 | 490.10 | 534.00 | 555.00 | 575.00 | 605.00  |
| Üst bacak uzunluğu*   | 464.84 | 32.21 | 416.00 | 445.00 | 467.00 | 488.00 | 540.00  |
| Ayak uzunluğu*        | 236.19 | 12.28 | 221.00 | 235.00 | 249.00 | 262.00 | 278.00  |
| El uzunluğu*          | 180.27 | 10.62 | 167.00 | 179.00 | 188.00 | 197.00 | 209.00  |
| El parmak uzunluğu*   | 93.26  | 8.10  | 83.00  | 93.00  | 100.00 | 108.00 | 115.95  |

\*Ölçü değeri mm olarak verilmiştir

Çizelge 3.4’de Türk erkeklerinin; Çizelge 3.5’de Türk kadınların antropometrik değerleri genişlik ve derinlik olarak verilmiştir.

**Çizelge 3.4 :** Türk erkeklerinin antropometrik değerleri(genişlik ve derinlik), tanımlayıcı istatistikleri ve seçilmiş yüzde değerleri (mm), (Güleç,2006).

|                  | Ort.   | SS.   | 5.     | 25.    | 50.    | 75.    | 95     |
|------------------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Baş genişliği    | 155.68 | 7.82  | 143.00 | 151.00 | 155.00 | 160.00 | 168.00 |
| Omuz genişliği   | 393.65 | 22.98 | 355.00 | 378.00 | 395.00 | 408.00 | 430.00 |
| Göğüs genişliği  | 293.48 | 24.17 | 257.00 | 276.00 | 293.00 | 307.00 | 335.00 |
| Dirsek genişliği | 68.10  | 5.24  | 60.00  | 65.00  | 68.00  | 72.00  | 76.45  |
| El genişliği     | 86.79  | 5.09  | 78.00  | 83.00  | 87.00  | 90.00  | 95.00  |
| Kalça genişliği  | 312.05 | 25.53 | 270.00 | 295.00 | 314.00 | 329.00 | 352.00 |
| Diz genişliği    | 98.20  | 7.63  | 86.00  | 93.00  | 98.00  | 104.00 | 111.00 |
| Ayak genişliği   | 102.77 | 6.84  | 93.00  | 98.00  | 102.00 | 107.00 | 114.00 |
| Göğüs derinliği  | 212.53 | 22.99 | 179.00 | 197.00 | 210.00 | 227.00 | 255.00 |

**Çizelge 3.5 :** Türk kadınlarının antropometrik değerleri(genişlik ve derinlik), tanımlayıcı istatistikleri ve seçilmiş yüzde değerleri (mm), (Güleç,2006).

|                  | Ort.   | SS.   | 5.     | 25.    | 50.    | 75.    | 95     |
|------------------|--------|-------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Baş genişliği    | 148.50 | 7.67  | 138.00 | 146.00 | 152.00 | 157.00 | 166.00 |
| Omuz genişliği   | 361.10 | 23.01 | 334.00 | 359.00 | 376.00 | 397.00 | 423.95 |
| Göğüs genişliği  | 269.12 | 27.96 | 236.00 | 262.00 | 280.50 | 300.00 | 330.00 |
| Dirsek genişliği | 59.56  | 6.39  | 52.00  | 59.00  | 64.00  | 69.00  | 75.00  |
| El genişliği     | 76.34  | 5.28  | 70.00  | 76.00  | 81.00  | 87.00  | 93.00  |
| Kalça genişliği  | 309.49 | 31.42 | 266.00 | 293.00 | 311.00 | 328.00 | 357.00 |
| Diz genişliği    | 88.05  | 9.53  | 76.00  | 86.00  | 94.00  | 100.00 | 109.00 |
| Ayak genişliği   | 91.70  | 7.23  | 84.00  | 90.00  | 97.00  | 104.00 | 111.00 |
| Göğüs derinliği  | 203.90 | 30.16 | 170.00 | 190.00 | 205.00 | 223.00 | 256.00 |

Çizelge 3.6’de Türk erkeklerinin; Çizelge 3.7’de Türk kadınların antropometrik değerleri çevre olarak verilmiştir.

**Çizelge 3.6 :** Türk erkeklerinin antropometrik değerleri(çevre), tanımlayıcı istatistikleri ve seçilmiş yüzde değerleri (mm), (Güleç,2006).

|                       | Ort.    | SS.    | 5.     | 25.    | 50.    | 75.     | 95      |
|-----------------------|---------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| Boyun çevresi         | 338.10  | 28.64  | 305.00 | 334.00 | 358.00 | 380.00  | 412.0   |
| Gevşek biceps çevresi | 286.69  | 42.03  | 230.00 | 261.00 | 284.00 | 308.00  | 347.95  |
| Elbilek çevresi       | 164.84  | 13.50  | 150.00 | 161.00 | 170.00 | 180.00  | 192.95  |
| Bel çevresi           | 869.13  | 140.38 | 682.05 | 785.00 | 878.00 | 968.00  | 1101.95 |
| Basen çevresi         | 1042.13 | 120.32 | 864.00 | 939.00 | 998.00 | 1063.00 | 1191.90 |
| Baldır çevresi        | 356.91  | 38.88  | 300.00 | 335.00 | 357.00 | 380.00  | 416.00  |

**Çizelge 3.7 :** Türk kadınlarının antropometrik değerleri (çevre), tanımlayıcı istatistikleri ve seçilmiş yüzde değerleri (mm), (Güleç,2006).

|                       | Ort.   | SS.    | 5.     | 25.    | 50.    | 75.     | 95      |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|
| Boyun çevresi         | 376.59 | 26.29  | 338.55 | 358.00 | 374.00 | 394.00  | 424.00  |
| Gevşek biceps çevresi | 283.83 | 30.20  | 240.00 | 263.00 | 282.00 | 302.25  | 338.00  |
| Elbilek çevresi       | 176.37 | 10.30  | 160.00 | 170.00 | 175.00 | 183.00  | 195.00  |
| Bel çevresi           | 891.95 | 114.06 | 712.00 | 805.00 | 890.00 | 970.00  | 1095.90 |
| Basen çevresi         | 976.39 | 72.79  | 860.00 | 925.00 | 974.50 | 1021.00 | 1105.00 |
| Baldır çevresi        | 358.65 | 33.04  | 302.55 | 338.00 | 360.00 | 380.00  | 410.00  |

Çizelge 3.8’de İşeri ve Arslan (2009) tarafından, oran ölçeklendirme yöntemi ile çıkarılan Türk antropometrik ölçüleri verilmiştir.

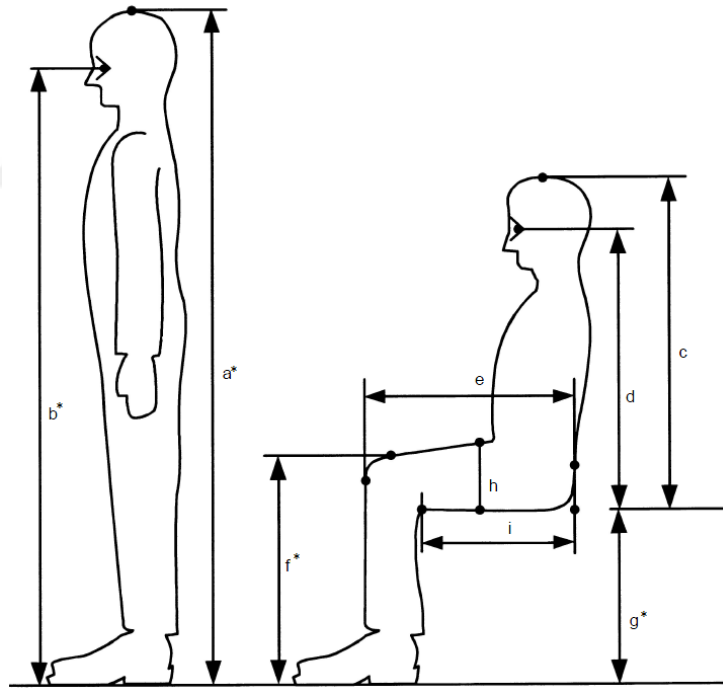
**Çizelge 3.8 :** Oran ölçeklendirme yöntemi ile çıkarılan yetişkin Türk antropometrik verileri (vücut ağırlığı (kg) hariç bütün ölçüler mm’dir), (İşeri ve Arslan,2009).

| Boyutlar                   | Erkek |      |      |     | Kadın |      |      |     |
|----------------------------|-------|------|------|-----|-------|------|------|-----|
|                            | 5.    | 50.  | 95.  | SS. | 5.    | 50.  | 95.  | SS. |
| Boy uzunluğu               | 1574  | 1708 | 1842 | 81  | 1473  | 1598 | 1723 | 76  |
| Göz yüksekliği             | 1473  | 1605 | 1736 | 80  | 1372  | 1492 | 1613 | 73  |
| Omuz yüksekliği            | 1293  | 1416 | 1539 | 75  | 1190  | 1307 | 1424 | 71  |
| Dirsek yüksekliği          | 977   | 1076 | 1175 | 60  | 913   | 1003 | 1093 | 55  |
| Kalça yüksekliği           | 805   | 900  | 995  | 58  | 730   | 815  | 900  | 52  |
| Parmak eklemi yüksekliği   | 673   | 746  | 820  | 45  | 649   | 724  | 798  | 45  |
| Parmak ucu yüksekliği      | 560   | 642  | 725  | 50  | 550   | 628  | 706  | 47  |
| Büst yüksekliği            | 816   | 892  | 968  | 46  | 781   | 848  | 916  | 41  |
| Oturur göz yüksekliği      | 704   | 785  | 865  | 49  | 672   | 737  | 801  | 39  |
| Oturur omuz yüksekliği     | 535   | 606  | 677  | 43  | 498   | 558  | 617  | 36  |
| Oturur dirsek yüksekliği   | 171   | 234  | 296  | 38  | 176   | 232  | 287  | 34  |
| Uyluk kalınlığı            | 104   | 144  | 185  | 24  | 120   | 153  | 187  | 21  |
| Kalça-diz uzunluğu         | 505   | 568  | 630  | 38  | 509   | 569  | 628  | 36  |
| Kalça-dizardı uzunluk      | 370   | 442  | 513  | 43  | 415   | 475  | 534  | 36  |
| Diz yüksekliği             | 450   | 515  | 579  | 39  | 439   | 494  | 549  | 33  |
| Dizardı yükseklik          | 366   | 417  | 469  | 31  | 343   | 395  | 446  | 31  |
| Omuz genişliği(bideltoid)  | 370   | 475  | 579  | 64  | 327   | 366  | 405  | 24  |
| Omuz genişliği(biacromial) | 352   | 391  | 431  | 24  | 316   | 353  | 390  | 23  |
| Kalça genişliği            | 289   | 333  | 378  | 27  | 245   | 308  | 371  | 38  |
| Büst derinliği             | 179   | 224  | 268  | 27  | 215   | 259  | 302  | 27  |
| Karın derinliği            | 210   | 275  | 340  | 39  | 197   | 262  | 327  | 39  |
| Omuz –dirsek uzunluğu      | 318   | 357  | 396  | 24  | 220   | 273  | 327  | 32  |
| Dirsek- parmak ucu uzunluk | 426   | 466  | 507  | 25  | 388   | 427  | 465  | 24  |
| Üst kol uzunluğu           | 666   | 743  | 820  | 47  | 633   | 701  | 770  | 41  |
| Omuz-kavrama uzunluğu      | 591   | 652  | 714  | 38  | 537   | 596  | 655  | 36  |
| Kafa uzunluğu              | 165   | 188  | 210  | 14  | 165   | 178  | 192  | 8   |
| Kafa genişliği             | 116   | 152  | 187  | 22  | 139   | 153  | 167  | 8   |
| El uzunluğu                | 166   | 189  | 211  | 14  | 151   | 167  | 183  | 10  |
| El genişliği               | 76    | 87   | 98   | 7   | 66    | 75   | 85   | 6   |
| Ayak uzunluğu              | 230   | 261  | 292  | 19  | 209   | 232  | 256  | 14  |
| Ayak genişliği             | 87    | 104  | 122  | 11  | 76    | 88   | 99   | 7   |
| Kol genişliği              | 1566  | 1727 | 1888 | 98  | 1450  | 1593 | 1737 | 87  |
| Dirsek açıklığı            | 837   | 927  | 1017 | 55  | 756   | 842  | 928  | 53  |
| Yukarı erişim (ayakta)     | 1983  | 2175 | 2366 | 117 | 1737  | 1881 | 2025 | 88  |
| Yukarı erişim (oturur)     | 1105  | 1219 | 1334 | 69  | 1034  | 1141 | 1248 | 65  |
| Öne erişim                 | 683   | 751  | 820  | 42  | 626   | 695  | 764  | 42  |
| Vücut ağırlığı             | 57    | 77   | 97   | 12  | 45    | 65   | 86   | 13  |

### 3.2 Lokomotif Kabin Tasarımında Kullanılan Antropometrik Boyutlar

Lokomotif tasarımında uyulması gereken teknik detaylar, uluslararası karşılıklı işletilebilirlik standartı olan TSI Loc Pas dökümanında madde madde belirtilmiştir. Doküman, lokomotif sürücü ergonomisinde dikkate alınması gereken ölçüler için UIC 651 dökümanını referans vermektedir. Bu yüzden ergonomi çalışmaları ve antropometrik değerler için UIC 651 dökümanı referans olarak kullanılacaktır.

UIC 651 Ek-E bölümünde en kısa ve en uzun sürücünün antropometrik ölçüleri verilmektedir. Temel antropometrik ölçüler burada tanımlanmaktadır. UIC 651 Ek-G bölümünde ise en uzun ve en kısa sürücü için tanımlanan ek antropometrik ölçüler verilmektedir. Ek değerler kısmında ‘SRP’ ve ‘H-Point’ değerleri belirtilerek, diğer antropometrik ölçülendirmelerin gösterilmesinde referans noktalar olarak kullanılmıştır. Şekil 3.3’de UIC 651 Ek-E kısmında tanımlanan görsel ve ölçüler verilmiştir.

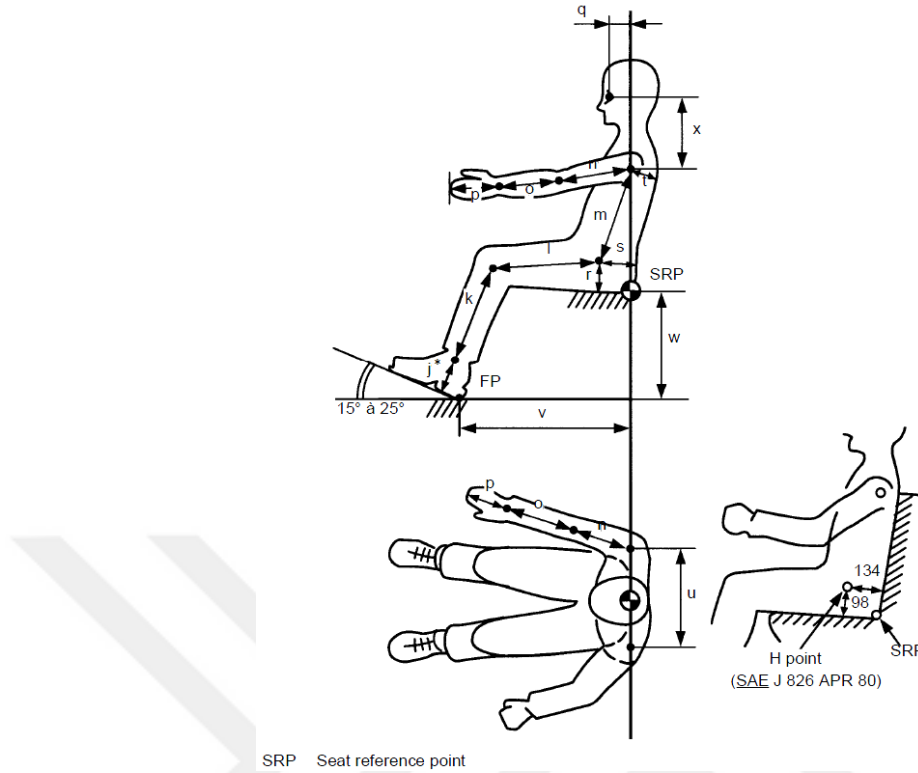


|      | a     | a*    | b*    | c   | d   | e   | f*  | g*  | h   | i   |
|------|-------|-------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| MIN. | 1 600 | 1 630 | 1 530 | 840 | 740 | 555 | 530 | 425 | 120 | 440 |
| MAX. | 1 900 | 1 930 | 1 805 | 980 | 855 | 660 | 635 | 505 | 180 | 520 |

\*30 mm ayakkabı yüksekliği eklenmiştir

**Şekil 3.3 :** En uzun ve en kısa sürücüye ait antropometrik boyutlar, (UIC 651 Ek-E)’den alınmıştır.

Şekil 3.4’de UIC 651 Ek-G kısmında tanımlanan görsel ve ek ölçüler verilmiştir.



|      | a     | j*  | k   | l   | m   | n   | o   | p   | q  | r   | s   | t   | u   | x   | v*         | w*         |
|------|-------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|-----|-----|-----|-----|------------|------------|
| MIN. | 1 600 | 110 | 365 | 390 | 425 | 265 | 230 | 175 | 78 | 77  | 108 | 107 | 305 | 240 | 550 to 620 | 400 to 420 |
| MAX. | 1 900 | 125 | 455 | 470 | 495 | 310 | 265 | 220 | 90 | 100 | 120 | 130 | 385 | 260 | 680 to 750 | 470 to 500 |

\*30 mm ayakkabı yüksekliği eklenmiştir

**Şekil 3.4 :** En uzun ve en kısa sürücüye ait ek antropometrik boyutlar, (UIC 651 Ek-G)’den alınmıştır.

UIC 651 Ek- E ve Ek-G’de belirtilen antropometrik ölçü değerleri birçok coğrafik bölgeden alınmış antropometrik verilerdir. Bu yüzden en kısa ve en uzun kullanıcı için UIC 651’de tanımlanan ölçüler; yalnızca bir bölge için çıkarılan ölçü değerleriyle karşılaştırıldığında kesinlikle farklılıklar gösterecektir.

Araç ergonomisi çalışmalarında antropometrik veriler uygulanırken; popülasyonlara ait oluşturulmuş yüzde değerlerinden, maksimum değer için erkek popülasyonunun %95’lik kısmına, minimum değer için kadın popülasyonunun %5’lik kısmına karşılık gelen ölçüler kullanılmaktadır. Maksimum ve minimum ölçüler üzerinden yapılan ergonomi çalışmaları diğer tanımlanmış %25’lik, %50’lik ve %75’lik kısma karşılık gelen boyutları da kapsamaktadır. Dolayısı ile ergonomi çalışmaları için yazılan

regülatif dökümanlarda uzun ve kısa olmak üzere iki sınır antropometrik değer belirtilmektedir.

### 3.2.1 UIC 651’de belirtilen antropometrik ölçülerin Türkiye antropometrik ölçüleri ile karşılaştırılması

UIC 651’e ait antropometrik ölçülerin Türkiye popülasyonu antropometrik ölçüleri ile karşılaştırılması için birinci kaynak olarak, bu çalışmanın 3.1 kısmında belirtilen ‘Anadolu insanının antropometrik ölçüleri’ Güleç (2006) çalışmasındaki veriler kullanılmıştır. UIC 651’de belirtilen ve bu kaynakta bulunamayan değerler yine 3.1 kısmında ikinci kaynak olarak bahsedilen ‘Estimated anthropometric measurements of Turkish adults and effects of age and geographical regions’ İşeri ve Arslan (2009) çalışmasından alınmıştır. Çizelge 3.9’da en kısa sürücü için UIC 651 Ek-E’de tanımlanan antropometrik ölçüler ile Türk antropometrik ölçüleri arasındaki karşılaştırma verilmektedir.

**Çizelge 3.9 :** Kısa kullanıcı için UIC 651Ek-E ile Türk antropometrik ölçülerinin karşılaştırması.

| Antropometrik Tanım        | UIC 651 ölçüleri(minimum) | %5’lik Kadın Türk antropometrik verileri |                           |
|----------------------------|---------------------------|------------------------------------------|---------------------------|
|                            |                           | Türkiye popülasyon ölçüleri              | Veri kaynağı              |
| 1. Boy uzunluğu            | 1600 mm                   | 1473 mm                                  | E.Güleç, 2006             |
| 2. Göz yüksekliği          | 1530 mm                   | 1372 mm                                  | A.İşeri ve N.Arslan, 2009 |
| 3. Büst yüksekliği         | 840 mm                    | 768 mm                                   | E.Güleç, 2006             |
| 4. Oturur göz yüksekliği   | 740 mm                    | 672 mm                                   | A.İşeri ve N.Arslan, 2009 |
| 5. Kalça-diz uzunluğu      | 555 mm                    | 485 mm                                   | E.Güleç, 2006             |
| 6. Diz yüksekliği          | 530 mm                    | 442 mm                                   | E.Güleç, 2006             |
| 7. Dizardı yüksekliği      | 425 mm                    | 343 mm                                   | A.İşeri ve N.Arslan, 2009 |
| 8. Uyluk genişliği         | 120 mm                    | 120 mm                                   | A.İşeri ve N.Arslan, 2009 |
| 9. Kalça-diz arası uzunluk | 440 mm                    | 415 mm                                   | A.İşeri ve N.Arslan, 2009 |

En kısa sürücü için boy uzunluğu, UIC 651’de 1600 mm verilirken, Türk antropometrik değerlerinde kısa sürücü için boy uzunluğu 1473 mm olmaktadır. İki boy uzunluğu arasında 127 mm uzunluk farkı bulunmaktadır. Kısa sürücü için göz yükseklik değerlerine baktığımızda; UIC 651’de 1530 mm verilen değer Türk antropometrik değerlerinde 1372 mm’dir. Göz yüksekliklerinde aradaki fark 158 mm

olmaktadır ve boy uzunluk değeriyle karşılaştırdığımızda aradaki farkın daha fazla olduğu görülmektedir.

Çalışmada, göz yükseklik değerleri, alçak ve yüksek sinyal görülebilirliğinin değerlendirilmesi açısından önemli olan verilerdendir. Alçak sinyal görülebilirlik sınırını kısa kullanıcının göz konumları belirlemektedir. Aynı zamanda ayakta kullanım değil oturur pozisyondaki kısa kullanıcının göz konumu çalışmadaki alçak sinyal görülebilirlik sınırını verecektir. Çizelge 3.9'a baktığımızda oturur göz yükseklik değerleri; UIC 651'de 740 mm; Türk antropometrik ölçülerinde 672 mm olduğu görülmektedir. Şimdilik Çizelge 3.9'dan, Türk antropometrisine göre kısa sürücünün oturur pozisyonda kullanımda göz noktasının 68 mm daha aşağıda kalacağı görülmektedir. Bu durumda görüş alanları oluşturulurken en az 68 mm daha aşağıdaki bir noktadan alınması gerekliliği çıkmaktadır.

Standart verilerine farklı açıdan bakıldığında, verilen antropometrik ölçüler kişilerin, dik ayakta veya oturur pozisyonundaki tam yükseklik ölçüleridir, ideal sürüş konumundaki yükseklik ölçüleri değildir. Sürüş pozisyonunda sürücünün sırt açısı, oturma şekli ve konumu göz noktalarının yüksekliklerinde değişiklik yaratacaktır. Bu yüzden oluşturulan manikinlerin uygun sürüş konumundaki göz yüksekliklerinde değerlendirilmesi gerekmektedir.

Kısa kullanıcıya ait UIC 651 Ek-G bölümündeki ek antropometrik verilerin karşılaştırılması Çizelge 3.10'da verilmiştir.

**Çizelge 3.10 : Kısa kullanıcı için UIC 651 Ek - G ile Türk antropometrik ölçülerinin karşılaştırması.**

| Antropometrik Tanım           | UIC 651 ölçüleri (minimum) | %5'lik Kadın Türk antropometrik verileri |               |
|-------------------------------|----------------------------|------------------------------------------|---------------|
|                               |                            | Türkiye popülasyon ölçüleri              | Veri kaynağı  |
| 10.SRP-göz mesafesi           | 78 mm                      | -                                        | -             |
| 11.Omuz-göz arası yükseklik   | 240 mm                     | -                                        | -             |
| 12.Omuz – sırt arkası uzunluk | 107 mm                     | -                                        | -             |
| 13.Üst kol uzunluğu           | 265 mm                     | 276 mm                                   | E.Güleç, 2006 |
| 14.Ön kol uzunluğu            | 230 mm                     | 208 mm                                   | E.Güleç, 2006 |
| 15. El uzunluğu               | 175 mm                     | 160 mm                                   | E.Güleç, 2006 |
| 16. H Point-omuz yüksekliği   | 425 mm                     | -                                        | -             |
| 17. SRP-H point yüksekliği    | 77 mm                      | -                                        | -             |

**Çizelge 3.10 (devam):** Kısa kullanıcı için UIC 651 Ek-G ile Türk antropometrik ölçülerinin karşılaştırılması.

| Antropometrik Tanım      | UIC 651 ölçüleri(minimum) | %5'lik Kadın Türk antropometrik verileri |               |
|--------------------------|---------------------------|------------------------------------------|---------------|
|                          |                           | Türkiye popülasyon ölçüleri              | Veri kaynağı  |
| 18. SRP-H point mesafesi | 108 mm                    |                                          | E.Güleç, 2006 |
| 19.Üst bacak uzunluğu    | 390 mm                    | 408 mm                                   | E.Güleç, 2006 |
| 20.Alt bacak uzunluğu    | 365 mm                    |                                          | E.Güleç, 2006 |
| 21.Ayak bilek yüksekliği | 110 mm                    | 414 mm                                   | E.Güleç, 2006 |
| 22.HP-SRP arası uzunluk  | 550-620 mm                | -                                        | -             |
| 23.SRP yüksekliği        | 400-420 mm                | -                                        | -             |
| 24.Kalça genişliği       | 305 mm                    | 244 mm                                   | E.Güleç, 2006 |

Çizelge 3.10 baktığımızda; UIC 651 Ek-G kısmında verilen değerlerin büyük çoğunluğunun karşılığı Türk antropometrik verilerinde bulunmamaktadır. Bu tablo erişim sınırlarının oluşturulması ve kol uzunluk değerlerinin karşılaştırılabilmesi için eklenmiştir.

Çizelge 3.11'de en uzun sürücü için UIC 651 Ek-E'de tanımlanan antropometrik ölçüler ile Türk antropometrik ölçüleri arasındaki karşılaştırma verilmektedir.

**Çizelge 3.11 :** Uzun kullanıcı için UIC 651 Ek - E ile Türk antropometrik ölçülerinin karşılaştırması.

| Antropometrik Tanım        | UIC 651 ölçüleri (maksimum) | %95'lik Erkek Türk antropometrik verileri |                           |
|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------|---------------------------|
|                            |                             | Türkiye popülasyon ölçüleri               | Veri kaynağı              |
| 1. Boy uzunluğu            | 1900 mm                     | 1860 mm                                   | E.Güleç, 2006             |
| 2. Göz yüksekliği          | 1805 mm                     | 1736 mm                                   | A.İşeri ve N.Arslan, 2009 |
| 3. Büst yüksekliği         | 980 mm                      | 967 mm                                    | E.Güleç, 2006             |
| 4. Oturur göz yüksekliği   | 855 mm                      | 865 mm                                    | A.İşeri ve N.Arslan, 2009 |
| 5. Kalça-diz uzunluğu      | 660 mm                      | 632 mm                                    | E.Güleç, 2006             |
| 6. Diz yüksekliği          | 635 mm                      | 589 mm                                    | E.Güleç, 2006             |
| 7. Dizardı yüksekliği      | 505 mm                      | 469 mm                                    | A.İşeri ve N.Arslan, 2009 |
| 8. Uyluk genişliği         | 180 mm                      | 185 mm                                    | A.İşeri ve N.Arslan, 2009 |
| 9. Kalça-diz arası uzunluk | 520 mm                      | 513 mm                                    | A.İşeri ve N.Arslan, 2009 |

Çizelge 3.11'i incelediğimizde en uzun sürücü için tanımlanmış üst limitler UIC 651'de bulunmaktadır. %95'lik Türk erkek antropometrik değerleri bu limitlerin

altında bulunmaktadır. Bu farklılık kısa sürücüde olduğu gibi bir problem oluşturmayacaktır. Yüksek sinyal görünürlüğü üst limitler ile belirlenmektedir. UIC 651’de tanımlanan ölçülere bakıldığında üst limit değerlerin burada verildiğini görebiliriz. Dolayısıyla UIC 651’de ayakta en uzun kullanıcının göz yüksekliği, yüksek sinyal görünürlük sınırını belirlemektedir. Çizelge 3.11’de yalnızca iki antropometrik değerde; Türk antropometrik ölçü değerinin UIC 651’de verilen ölçü değerinden fazla olduğu görülmektedir. İlk değer, oturarak göz yükseklik değeri; UIC 651’de 855 mm , Türk antropometrik değerlerinde 865 mm’dir. İkincisi; uyluk yükseklik değeridir. UIC 651’de 180 mm, Türk antropometrik ölçü değerlerinde 185mm dir. Burada önemli olan; uyluk yüksekliğidir. Sürücünün oturma ergonomisi açısından baktığımızda bu ölçü, kontrol masası ile koltuk arasında kalması gereken boşluk miktarını belirlemede etkili olacaktır.

Belirtilen ölçülerin tamamı sürücünün etkileşimde olduğu tüm mekanik parçaların konumlarını ve boyutlarını birbiri ile bağlantılı olarak belirlemektedir. Bu yüzden tasarımın başlangıcında antropometrik değerlerin, çok iyi tanımlanması gerekmektedir. Tasarım tamamlandıktan sonra aracın ön camının değişmesi yada kontrol masasının değiştirilmesi tasarımın neredeyse tekrar edilmesine neden olabilir. Diğer yandan erişim değerlendirmesi için uzun kullanıcıya ait UIC 651 Ek-G bölümündeki ek antropometrik verilerin karşılaştırılması Çizelge 3.12’de verilmiştir.

**Çizelge 3.12 :** Uzun kullanıcı için UIC 651 Ek - G ile Türk antropometrik ölçülerinin karşılaştırması.

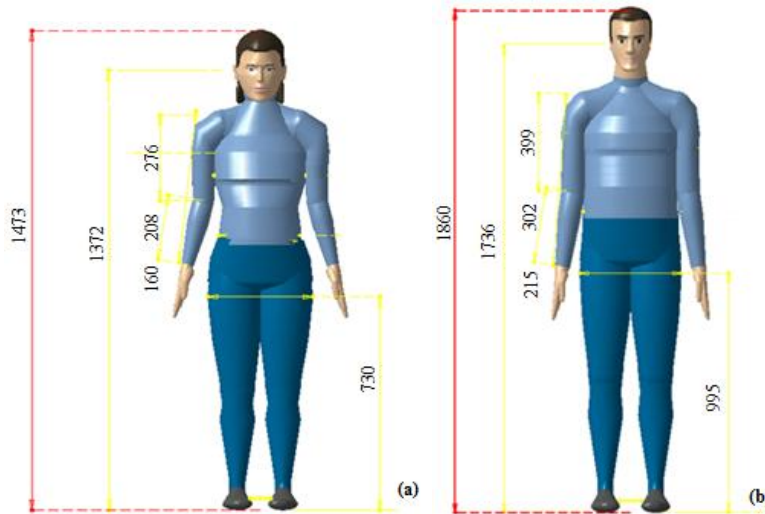
| Antropometrik Tanım           | UIC 651 ölçüleri (maksimum) | %95’lik Erkek Türk antropometrik verileri |               |
|-------------------------------|-----------------------------|-------------------------------------------|---------------|
|                               |                             | Türkiye popülasyon ölçüleri               | Veri kaynağı  |
| 10.SRP-göz mesafesi           | 90 mm                       | -                                         | -             |
| 11.Omuz-göz arası yükseklik   | 260 mm                      | -                                         | -             |
| 12.Omuz – sırt arkası uzunluk | 130 mm                      | -                                         | -             |
| 13.Üst kol uzunluğu           | 310 mm                      | 399 mm                                    | E.Güleç, 2006 |
| 14.Ön kol uzunluğu            | 265 mm                      | 302 mm                                    | E.Güleç, 2006 |
| 15. El uzunluğu               | 220 mm                      | 215 mm                                    | E.Güleç, 2006 |
| 16. H Point-omuz yüksekliği   | 495 mm                      | -                                         | -             |
| 17. SRP-H point yüksekliği    | 100 mm                      | -                                         | -             |
| 18. SRP-H point mesafesi      | 120 mm                      |                                           | E.Güleç, 2006 |
| 19.Üst bacak uzunluğu         | 470 mm                      | 574 mm                                    | E.Güleç, 2006 |

**Çizelge 3.12 (devam):**Uzunkullanıcı için UIC 651 Ek - G ile Türk antropometrik ölçülerinin karşılaştırması.

| Antropometrik Tanım      | UIC 651 ölçüleri(maksimum) | %95'lik Erkek Türk antropometrik verileri |               |
|--------------------------|----------------------------|-------------------------------------------|---------------|
|                          |                            | Türkiye popülasyon ölçüleri               | Veri kaynağı  |
| 20.Alt bacak uzunluğu    | 455 mm                     |                                           | E.Güleç, 2006 |
| 21.Ayak bilek yüksekliği | 125 mm                     | 590 mm                                    | E.Güleç, 2006 |
| 22.HP-SRP arası uzunluk  | 680-750 mm                 | -                                         | -             |
| 23.SRP yüksekliği        | 470-500 mm                 | -                                         | -             |
| 24.Kalça genişliği       | 385 mm                     | 348 mm                                    | E.Güleç, 2006 |

### 3.3 Lokomotif Kabin Tasarımında Kullanılan Antropometrik Boyutlar

Çalışmada lokomotif sürücü ergonomisi için RAMSIS ve CATIA programları kullanılmıştır. Programda istenilen boyutta sürücülerin kullanılabilmesi için öncelikle manikin diye adlandırılan model insanlar oluşturulmuştur. Manikin boyutları, program kütüphanesinde bulunan antropometrik değerler ile oluşturulabilmektedir fakat burada her coğrafik bölgenin antropometrik ölçüleri bulunmamaktadır. Bu durumda manuel olarak istenen ölçüler girilerek manikinler oluşturulabilmektedir. Türk antropometrik değerleri program kütüphanesinde bulunmadığı için manikinler, Güleç(2006), İşeri ve Arslan(2009) çalışmalarından alınan antropometrik verilere göre manuel olarak oluşturulmuştur. Oluşturulan manikinlerin temel boyutları Şekil 3.5’de gösterilmektedir.



\*Ölçüler mm olarak verilmiştir.

**Şekil 3.5 :** Oluşturulan manikin boyutları (a) %5'lik Kadın (b) %95'lik Erkek.

#### 4. LOKOMOTİF KABİN TASARIMI VE SÜRÜCÜ ERGONOMİSİ

Demiryolu taşımacılığının gelişim tarihi, lokomotiflerin ortaya çıkması, tasarımlarının ve imalatlarının gelişmesiyle doğrudan bağlantılıdır. İlk lokomotif yapım süreci, İngiliz mucit Richard Trevithick tarafından tasarlanan bir buharlı yol aracının yapımıyla 1801’de tarihlenebilir. Tasarımın ilerleyen zamanlardaki değişimi 1803-1804 yılları arasında John Steele’in yardımıyla gerçekleşmiştir. Lokomotifin ray üzerinde kullanılması ve Penydarren Ironworks (Merthyr Tydfil, Wales) işletmesi için yeniden tasarlanmıştır. Bu lokomotif dünyadaki ilk gerçek lokomotif olarak kabul edilmektedir. Tarihi kayıtlar lokomotifin demirhaneden Merthyr-Cardiff Kanalına kadar 10 ton demir, 70 yolcu ve 5 vagonu çektiğini göstermektedir.

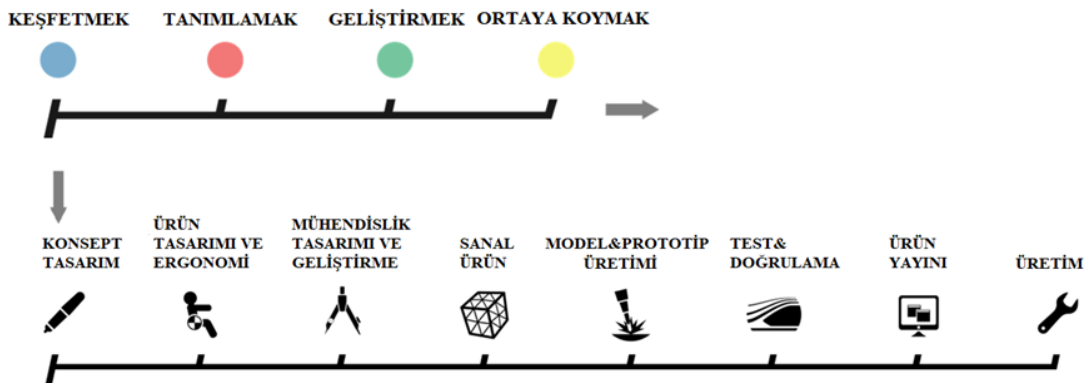
Zaman ilerledikçe farklı kişiler buharlı lokomotifler üzerinde çalışmalarını gerçekleştirmiş daha fazla yük çekebilen lokomotifler üretmişlerdir. Bir süre sonra fazla yük çekebiliyor olması yetmemiştir. Daha fazla motor gücü, daha fazla çekiş, daha yüksek hız, enerji verimliliği ve operasyonel performansta önemli kriterler olmaya başlamıştır. Böylece farklı ülkelerdeki birçok mühendis ve mucidin çalışması, on dokuzuncu yüzyılın son çeyreğinde buharlı lokomotiflerin o zamanların bilim ve teknoloji seviyesine uygun bir düzeyde daha etkili çekiş gücüne sahip araçlar olmasını sağladı. Giderek artan rekabet ile birlikte sürekli geliştirilen buharlı lokomotifin teknik özellikleri neredeyse pratik sınırlarına ulaşmıştı. Bu yüzden hızla büyümeye başlayan elektrikli ve dizel yakıtlı lokomotifler ile daha fazla rekabet edemedi. Daha sonraki süreçlerde dizel, dizel elektrikli ve elektrikli lokomotiflerin üretimlerine devam edilmiştir. Geliştirilen lokomotiflerle aynı zamanda çok daha fazla yük daha uzak mesafelerde taşınmaya başlamıştır.

Baktığımızda her yeni buluş farklı bir ihtiyaç ortaya çıkarmış ve yeni buluşlara neden olmuştur. Zaman ilerledikçe yenilenen tasarımlar insanların duyduğu ihtiyaçlardan ve rekabetten ortaya çıkmıştır. Lokomotif tasarımına baktığımızda da aynı süreci görmekteyiz. Lokomotiflerden ilk beklenen daha fazla yük taşıması iken daha sonraki süreçlerde daha hızlı gitmesi olmuştur. Lokomotif tasarımında yük taşıma kapasitesi, çekiş gücü, hız, enerji verimliliği gibi konuların mevcut teknoloji

seviyesinde bir noktaya gelmesiyle rekabet için farklı konular ortaya çıkmıştır. Böylece aracın konforu, görünüşü gibi konular üzerinde durulmaya başlanmıştır.

Lokomotiflerin uzun yollarda kullanımı sürücü alanlarında ihtiyaçlar oluşturmıştır. Uzun saatler lokomotif kullanan sürücü için lokomotif kabini aynı zamanda bir yaşam alanı olmaktadır. Bu nedenler, lokomotif sürücülerinin karşılaştıkları problemler takip edilmiş, onlardan gelen geri bildirim ve fikirler tasarım süreçlerinde değerlendirilmiştir. Sürücünün konforlu bir sürüş gerçekleştirmesi bir çok açıdan fayda sağlayacağı görülmüştür. Böylece lokomotif kabin tasarımında sürücü ergonomisi önemli bir konu haline gelmiştir.

Sürücü ergonomisi ve ergonomi kriterlerine uygun şekilde komponentlerin yerleşimlerinin yapılması, taslak tasarım çalışmalarının oluşturulması, tasarım sürecinin en başında yer almaktadır. Lokomotif sürücü ergonomi çalışması, lokomotif tasarım sürecinde bu basamakta yapılan veya yapılması gereken çalışmaları ayrı ayrı göstermektedir. Tasarım sürecinin basamaklarını gösteren şema Şekil 4.1’de verilmiştir.



Şekil 4.1 : Tasarım süreci.

Şekil 4.1’de renkli noktalar ile gösterilen 4 basamak, klasik tasarım sürecinin önüne ‘Tasarım Odaklı Düşünce’ metodolojisi ile birlikte gelmiştir. Tam bu kısımda tasarlanması düşünülen aracın aslında ne, ne için, neden ve ne zaman olacağı gereklilikleriyle birlikte fikrin tasarlandığı süreçtir.

Tasarım sürecine başlamadan önce tasarlanacak lokomotifin özelliklerinin iyi tanımlanması gerekmektedir. Daha önce yapılan lokomotif tasarımları bu lokomotiflerde karşılaşılan problemler, piyasa rakiplerine ait ürünlerin incelenmesi tanımlama sürecinde çok etkili olmaktadır. Ortaya koyulan problemlere farklı

özmler getirebilmek, daha iyi rekabet edebilmek ve tasarımı daha ne çıkarabilmek için tasarım fikirlerini geliştirme sürecinin oluşturulması gerekir. Tüm bu çalışmalarla birlikte bazı tasarım fikirleri ldrlr, bazıları yaşatılır, bazıları ise yepyeni fikirlere dönüştürülür. Sonunda tasarlanacak ürünün tanımı bir çok açıdan değerlendirilerek ortaya konulmuş olur.

Mesela, tasarlanacak bir lokomotif kabinini ele aldığımızda bir çok ürün incelemesi yapılacak, değerlendirilecek, belki mevcut kabinlerde bulunan aynı çözümler yeni tasarıma yansıtılacak. Fakat bugün çözüm olarak görülen tasarım ilerleyen zamanlarda da bir çözüm olarak kalacak mı ? Bugün tasarımına başladıığımız lokomotifin tasarım süreci yaklaşık 2-5 yıl arası sürmektedir. Aslında bugün tasarımına başladıığımız ürünü en az 5 yıl sonrası için tasarladığımızı düşünmek zorundayız. Geçmiş yıllara göre daha hızla gelişen teknolojiye ayak uydurma, ileriye düşünerek tasarım yapabilmek artık çok daha fazla önem taşımaktadır. Bu yüzden tasarıma başlamadan, ortaya nasıl bir araç ıkarılacağıının, ne özelliklere sahip olacağıının belirlenmesi çok önemlidir.

#### 4.1 Lokomotifler Ve Sürücü Kabin Tasarımına rnekler

Seçilen rnekler, mevcutta demiryollarında işletimde olan, 2018-2019 model yılı olarak tasarlanmış lokomotiflerden alınan görsellerden oluşturulmuştur. Lokomotif tasarım başlangıç sürecinde yapılan ürün inceleme aşamasının basit bir şekli görseller üzerinden değerlendirme yapılarak gerçekleştirilmiştir. Gerçek süreçte mümkün olduğunca birebir inceleme yapılması önerilmektedir.

NEWAG Dragon; şekil 4.2’de Newag Dragonun dış stili ve makinist kabin içi gösterilmektedir.



şekil 4.2 : Newag Dragon lokomotifinin dış stili ve makinist kontrol masası.

Şekil 4.2'ye baktığımızda makinist ve yardımcı makinistin bulunduğu merkezi olmayan kontrol masasına sahip kabin tasarımı görülmektedir. Kontrol masası ile ön cam arası mesafe çok uzak değildir. Yan duvarlarda makinist ve yardımcı makinistin kullanabileceği yan camlar bulunmaktadır. Sürücünün ayak dayama yeri ayarlanabilir. Böylece makinistede fazla alternatifli sürüş pozisyonu sunmaktadır. Kontrol masasının alt bölgesi, koltuk dönüşlerinde makinistin dizine çarpmayacak, giriş-çıkış esnasında makinisti engellemeyecek bir tasarıma sahiptir. Kolay ve hızlı erişim için makinist ve yardımcı makinist arasında ilk yardım çantası konulmuştur. Kontrol masası sade bir tasarıma sahiptir. Sade ve karmaşık olmayan tasarımlar makinisti yormadan, makiste rahat bir sürüş sunabilmektedir.

NEWAG Dragon 2; Stil tasarımı NEWAG dragon ile çok benzerdir. Şekil 4.3'de Newag Dragon 2 lokomotifine ait dış stil, kontrol masası ve makinist kabin içi görselleri verilmiştir.



**Şekil 4.3 :** Newag Dragon lokomotifinin dış stili ve makinist kontrol masası.

Makinist alanının ferah ve aydınlık bir tasarıma sahip olduğu görülmektedir. Bu makiniste gün içerisinde daha zinde bir çalışma ortamı sağlayacaktır. Bunun dezavantajı güneşli günlerde kabin içerisine bir çok açıdan gelen güneşin ekran görüşlerini zorlaştırması ve makinistin gözüne ışığın yansımalarıdır. Tasarım sürecinde

kabin içerisine giren ışık açılarının çok iyi değerlendirilmesi gerekmektedir. Diğer taraftan kalın bir ön direği olduğu için ön cam yanında büyük bir alan kaplamaktadır. Boş alan makinist kullanımına yönelik değerlendirilerek iş veya görev listesini koyabileceği bir doküman tutucu konulmuştur. Makinistin yan cama rahatlıkla erişim sağlayabildiği düşünülmektedir ve temiz bir görüş alanına sahiptir. Kontrol masası diğer model ile benzer, sade bir yapıya sahiptir. Bu kontrol masasında ayak dayama yerleri sabit tutulmuştur. Makinist koltuğu daha fonksiyonel bir yapıya sahip olduğu gibi kabin içinde daha ferah bir görünüm oluşturmaktadır.

Siemens Smartron; lokomotifin dış stil ve kabin içi görseller Şekil 4.4’de verilmiştir.



**Şekil 4.4 :** Siemens Smartron lokomotifinin dış stili ve makinist kontrol masası.

Kabin içerisinin mekanik bir görünüme sahip olduğunu görmekteyiz. Ön camının ortadan bir profil ile ayrılıyor olması görüş açıklığını kötüleştirilmiş, kabin içerisi daha kapalı bir alan olmuştur. Kontrol masasında klasik bir yerleşim yapılmıştır. Mekanik parçaların yerleşiminden kaynaklı; makinist masanın alt yanbölgelelerinde öne doğru bir yapı oluşturulmuştur. Bu durum koltuk döndüğünde veya makinist kalkarken makinistin rahat çıkışını kötüleştirecektir. Masa altındaki butonlara, eğimli yüzey yapılarak buton yüzeylerinin masa sınırında kalması sağlanmış ve durumun dahada

kötüleşmesi engellenmiştir. Yan camın olmayışı veya opsiyon olarak verilmesi yan görüş alanını engellemektedir.

Siemens Vectron; Smartron ile çok benzer kabin tasarımları vardır. Şekil 4.5’de dış stiline ve makinist kabinine ait görselleri verilmiştir. Makinist yan duvarları diğerine göre tamamen kapalıdır. Makinistin yalnızca ön görüşünü sağlayabileceği bir cam açıklığı bulunmaktadır. Kontrol masası tamamen Smartron ile aynıdır.



**Şekil 4.5 :** Siemens Vectron lokomotifinin dış stili ve makinist kabini.

Tülomsaş E68000; lokomotifin dış stili ve kumanda masasına ait görseller Şekil 4.6’da verilmiştir.



**Şekil 4.6 :** Tülomsaş E68000 lokomotifinin dış stili ve kontrol masası.

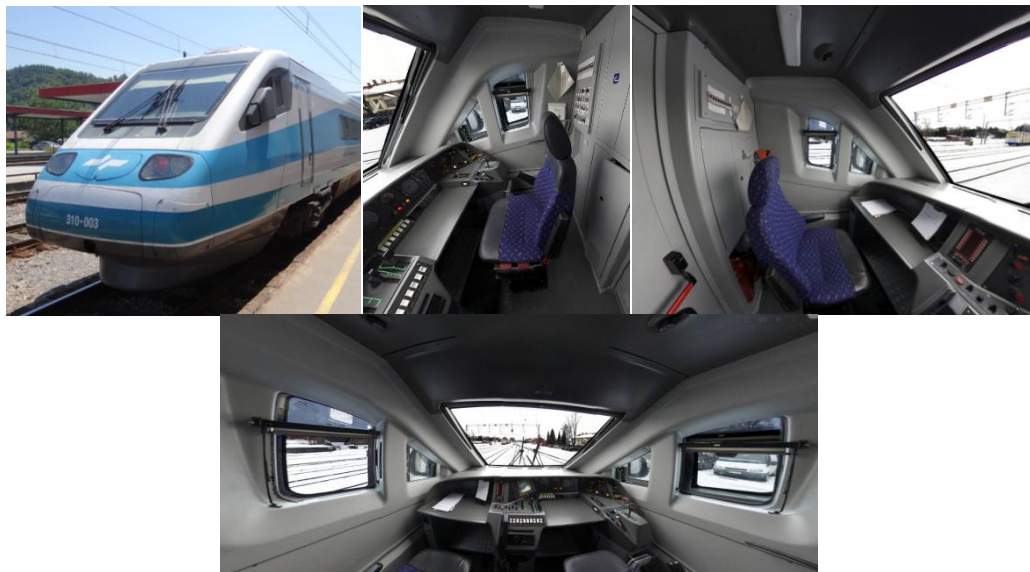
Ön cam yüksekliği diğer lokomotiflere göre daha azdır. Fakat Siemens modeline göre daha ferah bir kabin içine sahiptir. Yan camın bulunması ve kontrol masasının rengi daha ferah bir algı oluşturmaktadır. Ayrıca cam üzerinde camı bölen bir yapı bulunmamaktadır. Kontrol masasının ortasında iki ekranın bulunması makinistin dikkati açısından olumsuzluk oluşturabilir. Bu modelde de makinist masası altındaki yapının çıkıntılı olması makinist giriş-çıkışını kötüleştirmektedir.

Dışarıdan tasarımlara bakıldığında genel değerlendirmeler yapılmaktadır. Asıl değerlendirme, tasarımın yeterli sayıda deneyimlenmesiyle ortaya çıkmaktadır. Bu yüzden lokomotif, tren sürücüleriyle zaman zaman sürücü ergonomisi için anket çalışmaları yapılmaktadır.

Örnek çalışma Pendolino 310 serisi için yapılmıştır. ‘Ergonomic analysis of train driver workplace on train ICS Pendolino Series 310’ Žnidarič ve diğerleri (2000) başlıklı çalışmada sürücülerin rahatsız bulduğu durumlar ortaya çıkarılmıştır. Çalışma için hazırlanmış ankete ICS Pendolino Series 310 sürücülerinden 15 kişi katılım sağlamıştır. Ergonomi değerlendirmesini yapabilmek için aşağıdaki konulara yer verilmiştir;

- Kontrol paneli ve üzerindeki kontrol anahtarların yerleşimi
- Sürücü koltuğunun ayarlanabilirliği ve konforu
- Dinlenme sırasında fiziksel egzersiz yapmak
- Çalışma sırasındaki fiziksel rahatsızlıklar
- Kabin iklimlendirme sistemi
- Kabin içi gürültü ve sürüş performansına etkisi
- Görüş alanları
- Çevrenin sürücünün çalışmasına etkisi

Şekil 4.7’de Pendolino 310 serisinin kabin içi ve dış stil görselleri verilmiştir.



**Şekil 4.7 :** Pendolino 310 serisi dış stili ve makinist kabini.

Kontrol paneli değerlendirmesinde, sürücülerin %80'ni iyi %20'si yeterli bulunmaktadır. Hiçbir sürücü yetersiz bulmamıştır. Kontrol panel yapısı UIC 651'de ve kontrollerin yerleşmi UIC 612'de belirli tolerans aralıklarında belirlenmiştir. Bu yüzden sürücü kabinlerinde bulunan kontrol masa yapısı ve düzeni çok farklı tasarlanmamaktadır. Yapılan anketin sonucu, standartta belirtilen yapı ve yerleşimin uygun olduğunu göstermektedir. Sürücü koltuğu ayarlanabilirliği ve konforu değerlendirildiğinde az sayıda sürücü (%20) koltuğu rahat ve ayarlanabilir bulurken, %47'si kabul edilebilir seviyede, %33' ise yetersiz bulunmaktadır. %80 sürücü koltuk ayarlanabilirliğinin ve rahatlığının geliştirilebilir olmasını istemektedir. Koltukta kol dayama yerinin olmaması büyük eksiklik olarak görülmektedir. Diğer bir eksiklik, ayarlanabilir sırt desteğinin olmamasıdır. Çoğu sürücü koltuğun çok kısıtlı ayarlama seçeneklerinin olduğunu ve koltuk minderinin küçük olduğunu belirtmiştir. Sonuçlara baktığımızda kabin tasarımından ziyade koltuk tasarımının geliştirilmesi gerekmektedir.

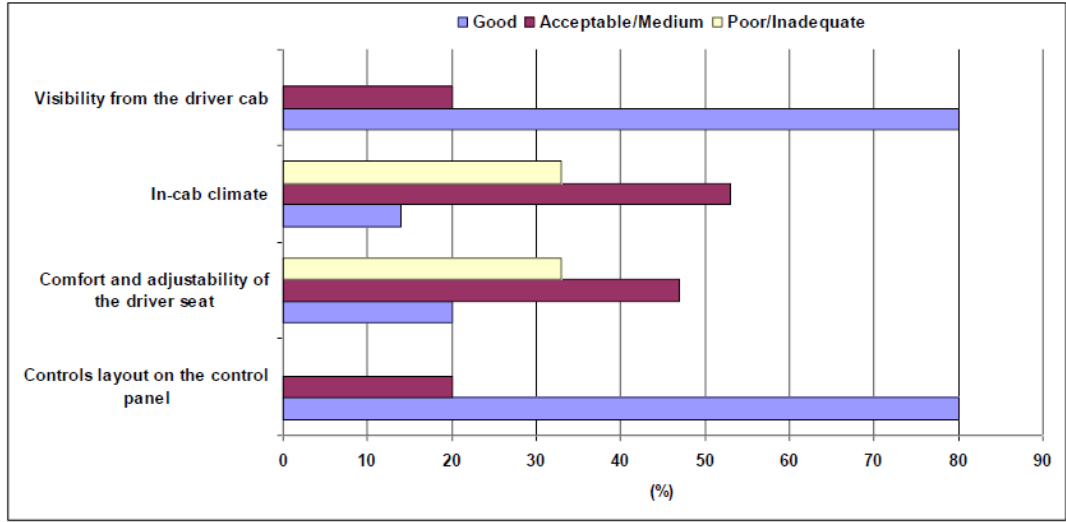
Klima performansı, kabin içerisindeki sıcaklığın ayarlanabilmesi için yeterli olmalıdır. Çok sıcak veya soğuk olması sürücünün dikkatini dağıtmaktadır. Anket çalışmasında %14' klima sisteminin iyi olduğunu, %53' yeterli olduğunu belirtmiştir. %33' klimanın yetersiz olduğunu düşünmektedir.

Sürücü görüşü iki yönden değerlendirilmiştir; birincisi direkt görüş(n görüş), ikincisi geri görüştür. %80'ni n görüşün iyi olduğunu, %20'si kabul edilebilir seviyede olduğunu söylemiştir. Kabul edilebilir seviyede olduğunu düşünenler yan görüşün zayıf olduğunu ve gece kullanımında farların yetersiz olduğunu belirtmişlerdir. Geri görüş için sürücülerin %40'ı iyi olduğunu, %27'siyeterli olduğunu ve %33'  yetersiz olduğunu düşünmektedir.

Burada ıkarım yapacağımız durum lokomotif kabinine yan camın eklenmesi sürücü görüşü için pozitif yönde bir etki yaratmaktadır. Yan cam eklemesi yapılırken kullanıcıların antropometrik ölçüleri dikkate alınarak hepsinin rahatlıkla kullanabileceği bir boyut ve konumda olması gerekmektedir.

Anket sonunda neredeyse tüm kullanıcılar (%93) sürüş sonrasında sırt ağrılarının ortaya çıktığını belirtirken, bunların %40'ı boyun ağrısı; %7'sinin de bacak ağrısı yaşadığı raporlanmıştır. Yalnızca %7'si herhangi bir ağrı yaşadığını belirtmemiştir.

Bu kriterlerin değerlendirme sonuçlarının hepsi birlikte görülebilecek şekilde grafiklenerek Şekil 4.8’de gösterilmiştir.



**Şekil 4.8 :** Pendolino Series 310 sürücü ergonomisi anket sonuçları.

Yapılan bu çalışmada tren kullanımında önemli olan ergonomik kriterleri görmüş oluyoruz. Kullanıcılar açısından kontrol panel yapısı ve yerleşimi, sürücü koltuk rahatlığı ve ayarlanabilirliği, görüş açıklığı, ortam sıcaklığı, kabin içi gürültü seviyesi diğer maddelere göre ergonomik açıdan daha öncelik göstermektedir.

#### **4.2 Lokomotif Kabin Tasarımında Alt Sistemlerin Entegrasyonu ve Ergonomi**

Entegrasyon araç yapısında bulunan sistemleri ve bileşenleri (sürücü,yolcu dahil) yerleştirme ile ilgili faaliyetleri tanımlamak için kullanılan bir terimdir. Entegrasyon mühendisliğinin asıl görevi, araç yapısına uygun bir şekilde sistemleri ve bileşenlerini bir araya getirerek yerleşimini yapmaktır. Bir araç mimarisinin oluşturulmasında, geliştirilmesinde; çeşitli araç sistemleri, sistemlere ait bileşenler ve kullanıcı konforu, kolay kullanımı ve güvenlik konularıda ele alınmaktadır.

Lokomotif kabin ergonomi çalışmasında sürücünün ve yardımcı sürücünün yerleşimi konfor, kolay kullanım, güvenlik kriterlerine uygun yapılmaktadır. Aynı zamanda etkileşimde oldukları ve çevrelerinde bulunan bileşenlerinde yerleşimleri araca uygun bir şekilde konumlandırılmalıdır.

Kullanıcı pozisyonu ve yerleşiminde temel belirleyici nokta ve unsurlar; topuk noktası (Heel Point), oturma referans noktası (SgRP), kalça noktası(H-Point),göz noktaları (Eye Point) ve manikin (3B programda kullanılan kullanıcıyı temsil eden

bilgisayar destekli tasarım datası). Ergonomi çalışması başında belirlenen bu noktalara göre kullanıcının birincil öncelikle kullanacağı kontrollerin yerleşimi yapılmaktadır. Kullanıcı yerleşimine dahil olan komponentler ; kontrol masası, araç kontrol anahtarları, pedallar, ekranlar, koltuklar, aynalar, camlar, kapılar ve sürücü kabini için eklenen diğer komponentler.

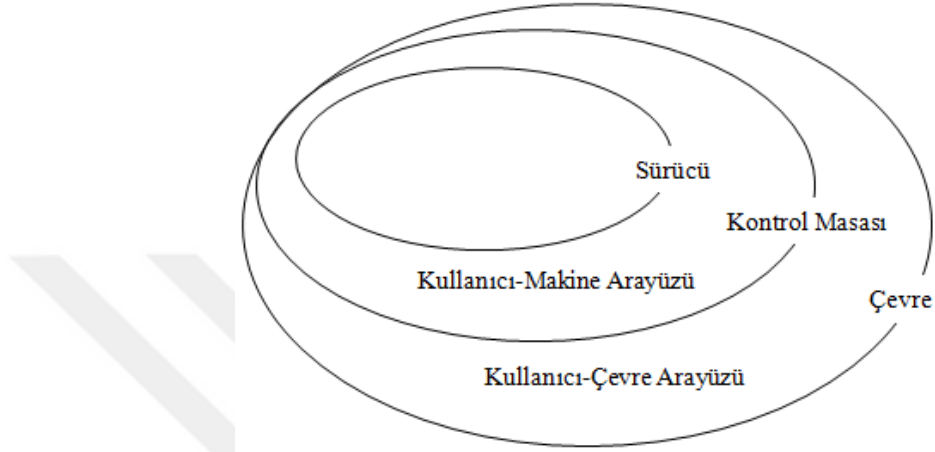
Oturma yerleşim çalışması; bir teknik çizim veya genellikle tercih edilen 3B yazılımlar (Catia, Nx,Ramsis) kullanılarak sürücü lokasyonu, pozisyonu ve diğer tüm sürücü alanları (görüş alanları, erişim küreleri, kullanıcı ve çevresinde bulunan parçalar ile bırakılması gereken boşluklar...) gösterilmektedir. Sürücü yerleşim çalışmasındaki önemli noktalar aşağıdaki gibidir;

1. Giriş ve çıkış alanları: Kabin içerisine giriş yapıp kullanım pozisyonuna gelene kadar kullanılan komponentlerde bırakılması gereken boşlukları tanımlamaktadır. Kapı giriş çıkışları, koltuk ile kontrol masası arası mesafeler bu kısımda kontrol edilmektedir.
2. Konforlu duruş pozisyonu: Koltuk yüksekliği, bacak alanları, sırt(gövde), boyun diz, ayak bileği açısı değerleri, koltuk minderi genişliği,baş ve kol destekleri, omurgadaki gerilmeler, koltuk minderi şekli.
- 3.Kullanım kontrolleri(el,ayak kontrolleri): Kontrol ve ekranların lokasyonları, baş ve göz pozisyonları, kontrollere erişim, kullanım sırasındaki vücut hareketleri ve duruşları.
- 4.Görüş alanları: Göz pozisyonları, göz hareket alanı, kullanıcının yola bakarken boyun, sırt açıları, görüş mesafe ve açıklığı
- 5.Depolama alanları: Sürücünün eşyalarını koyabileceği uygun ve güvenli saklama alanları sağlamak.

#### **4.3 Lokomotif Sürücü Kabini Çalışma Alanı**

Lokomotif sürücü kabinlerinde bir kontrol masası bulunmaktadır. Kontrol masaları yardımcı sürücü isterine göre merkezi ve merkezi olmayan şekilde tasarlanmaktadır. Bu çalışmada yardımcı sürücünün de bulunduğu sürücü kabin tasarımı değerlendirileceği için çalışma boyunca merkezi olmayan kontrol masa konsepti ile gösterimler yapılacaktır. Kontrol masası üzerinde sürücünün ve yardımcı sürücünün

kullanabileceği kontroller bulunmaktadır. İkincil olarak her iki sürücüsünde kullanabileceği depolama alanları bulunmaktadır. (dosyalık, bardaklık, eşya dolabı, askılık...) Kabin yerleşimi, minimum, maksimum ölçüler ve diğer isterler için TSI Loc&Pas 2014 ve UIC 651 referans olarak kullanılmıştır. Kontrol anahtar ve düğmelerin yerleşimleri için UIC 612 referans olarak kullanılmıştır. Makinist kabini çalışma alanının şematik gösterimi Şekil 4.9’da verilmiştir.



**Şekil 4.9 :** Makinist kabini çalışma alanının şematik gösterimi.



## **5. LOKOMOTİF KABİNİ MAKİNİST ERGONOMİSİ VE ENTEGRASYONU**

Çalışmada öncelikle sürücülerin oturma şekli ve koltuk lokasyonu belirlenecektir. İkinci adım olarak kontrol masası yerleşimi UIC 651'e uygun olacak şekilde yerleşimi yapılacaktır. Sonrasında oluşturulan manikinlerin göz noktalarından UIC 651'de belirtilen üst ve alt sinyallerin görünürlülüğü kontrol edilecektir. Oluşturulan üç data kendi içinde değerlendirilecektir. Değerlendirmeler sonrasında gerekli olan koltuk hareketleri, kontrol masası yapısı, boyutları ve yerleşimi, sürücü ön camı için gerekli açıklık çıkarılmış olacaktır. Daha sonraki adımlarda sürücü konumlarına göre giriş çıkış kapıları, yan cam konumları, dolap büyüklüğü gibi hacimsel datalar oluşturulacaktır.

### **5.1 Lokomotif Araç Sınırlarının Oluşturulması**

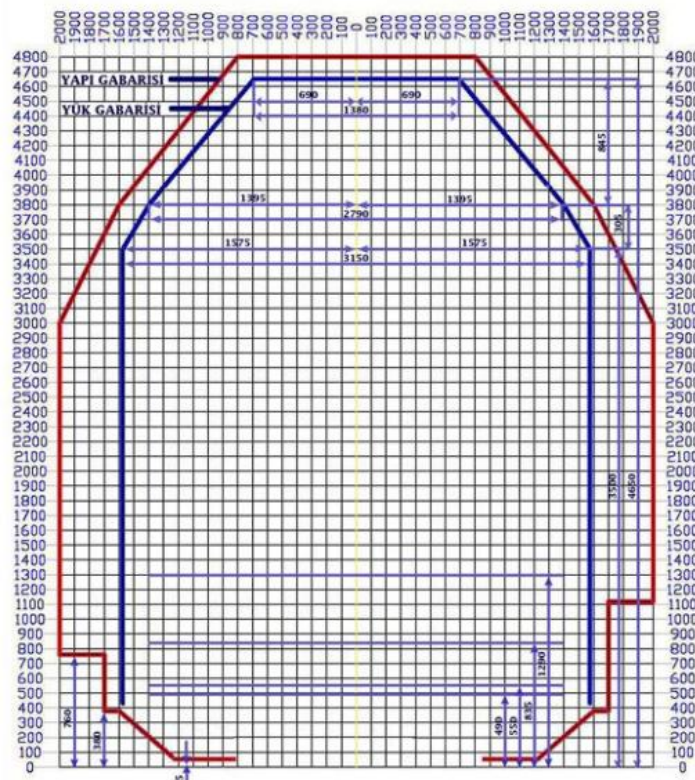
Lokomotif tasarımına başlarken yapılacak önemli işlerden bir tanesi tasarım sürecinde kullanılacak olan sabit ölçülerin ve çalışılacak lokomotif datası için dataya ait 'sıfır' noktası belirlenmesidir. Belirlenmesi ve oluşturulması gerekenler;

- Lokomotifin hareket ettiği yer zemini,
- Ray açıklığı ve ray konumları,
- Lokomotif merkezi (genellikle bir bojinin pivot merkezi kabul edilir)
- Lokomotifin iç zemini veya sürücü kabini zemininin yerden yüksekliği,
- Lokomotifin genel ölçüleri,
- Lokomotif tampon konumları.

Çalışmaya başlamadan önce yukarıdaki maddelerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu maddeler araç dışı ile ilgili görünüyorsa ergonmi hesaplamalarını önemli derecede etkilemektedir.

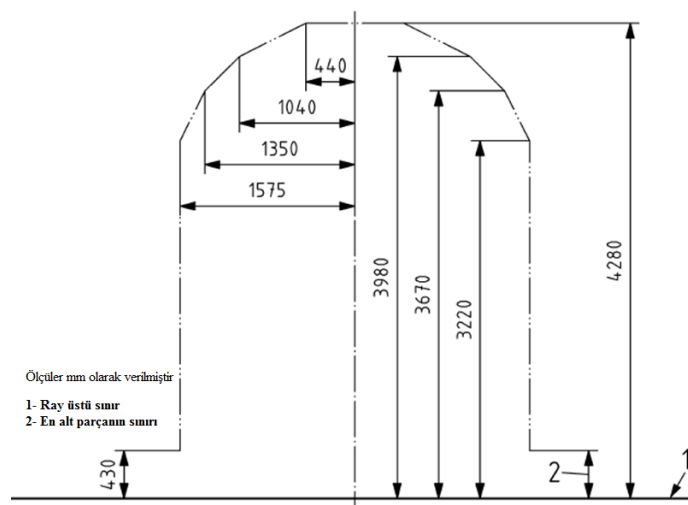
Demiryolu araçlarının dış ölçüleri standartlarda veya ülkelerin kendilerince oluşturulmuş gabari ölçülerine göre belirlenmektedir. Türkiye'de TCDD tarafından

oluşturulmuş gabari ölçüleri bulunmaktadır. Şekil 5.1’de TCDD gabari ölçüsü verilmiştir.

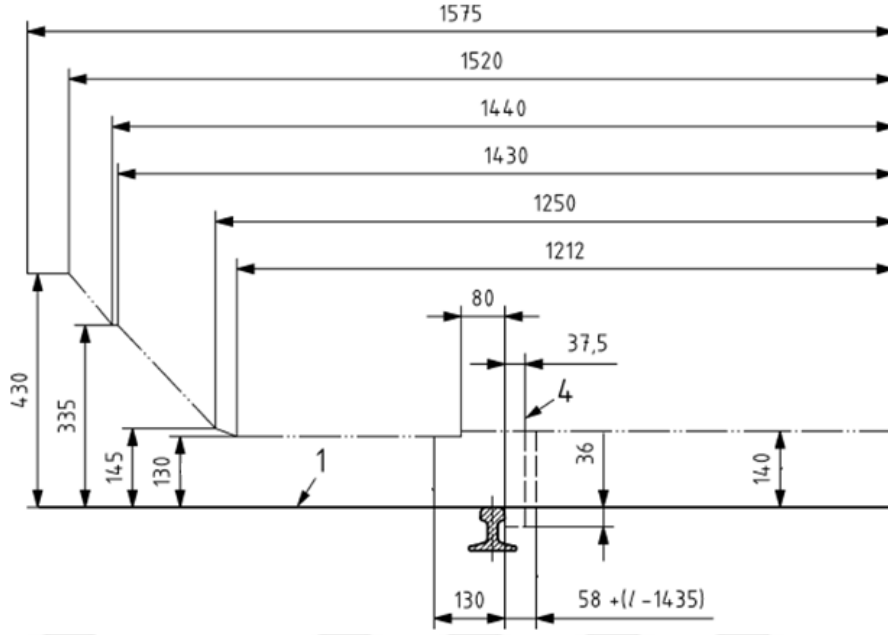


**Şekil 5.1 : TCDD yapı ve yük gabarisi.**

Diğer taraftan TSI&LOC PAS direktifi TS EN 15273-2 (Mart 2016) dökümanına atıfta bulunarak kabul edilir statik gabari ölçülerini belirtmektedir. Çalışmada TS EN 15273-2 (Mart 2016)'de bulunan G1 statik gabarisi referans alınmıştır. Şekil 5.2'de TS EN 15273-2 G1 statik gabarisi gösterilmektedir.

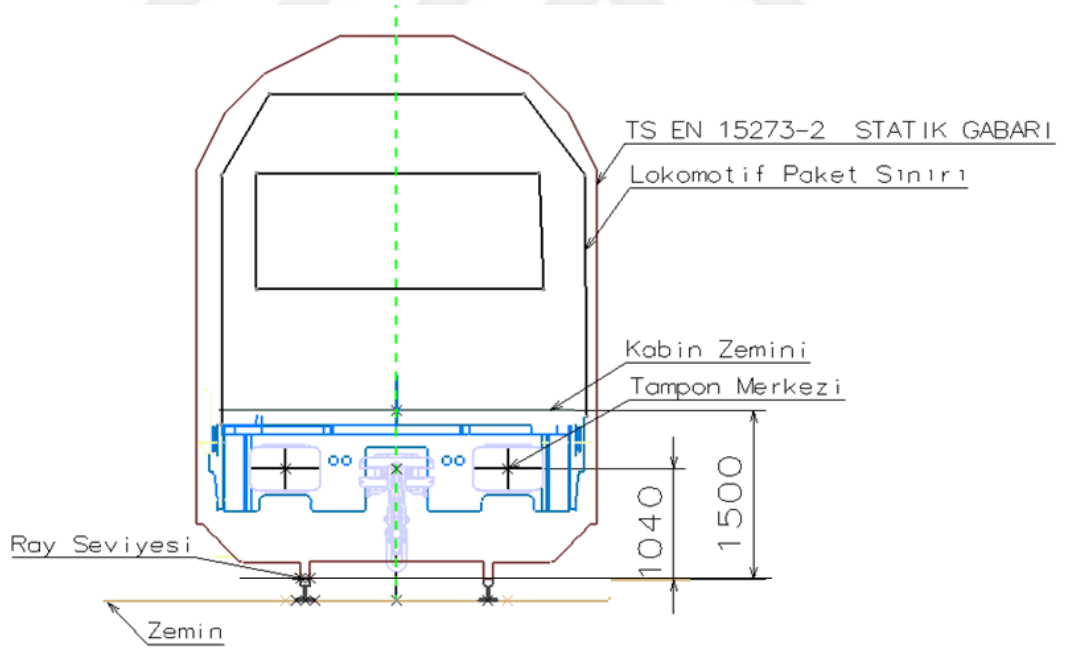


**Şekil 5.2 : TS EN 15273-2 G1 statik gabari.**



**Şekil 5.2 (devamı):** TS EN 15273-2 G1 statik gabarı.

Çalışmada kullanılmak üzere oluşturulmuş öngörüşel lokomotif araç sınırı ve aracın temelini oluşturan zemin yükseklikleri Şekil 5.3’de verilmiştir.

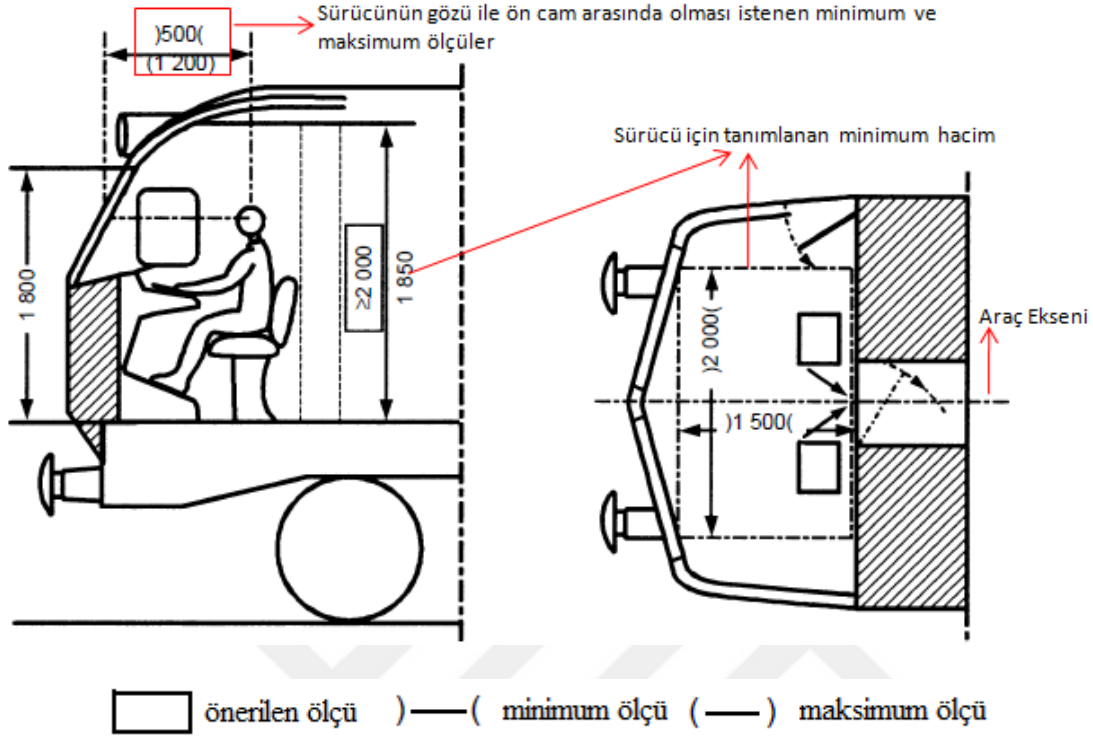


**Şekil 5.3 :** Lokomotifin temel yapısal yükseklikleri.

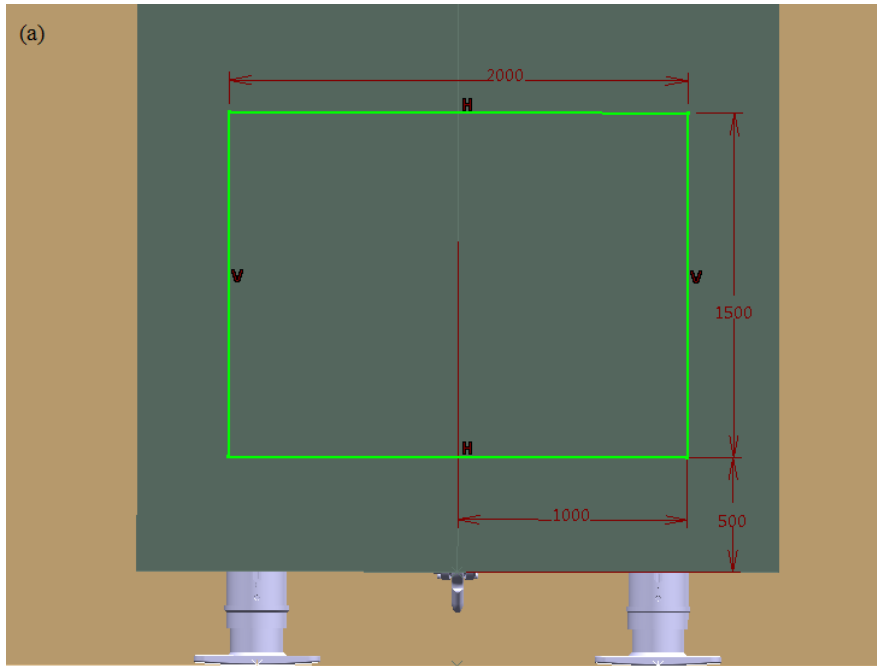
#### 5.1.1 Lokomotif sürücü kabin hacminin oluşturulması

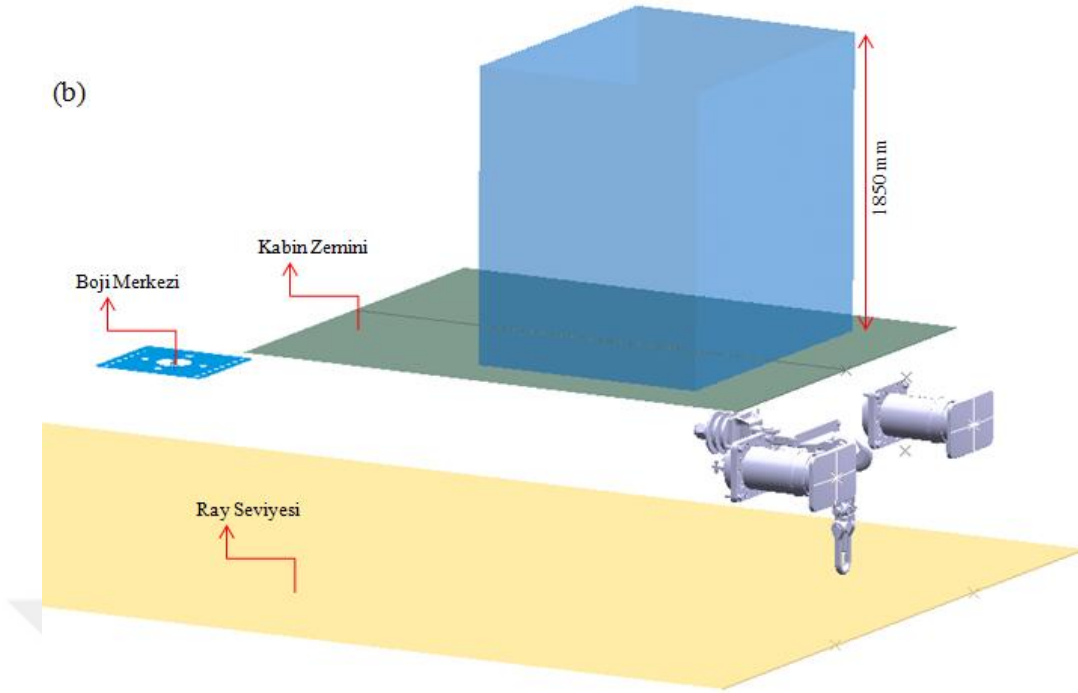
Lokomotif sürücü kabini için temel ölçüler UIC 651 Ek- A kısmında tanımlanmıştır. Dökümanda, sürücünün çalışma alanı için ayrılması gereken minimum boyutların 2000mmx1500mmx1850mm olması istenmektedir. Fakat tavan iç yüksekliği için

2000 mm'den daha yüksek olması önerilmektedir. Tanımlanan ölçüler Şekil 5.4'de gösterilmiştir.



Tanımlı ölçülere uygun olacak şekilde bir hacim oluşturulmuştur. Şekil 5.5 ve Şekil 5.6'da oluşturulan data gösterilmiştir.





**Şekil 5.6 : Lokomotif sürücü bölgesi hacmi.**

Bunların yanında UIC 651 Ek-A'da sürücü gözü ile ön cam arasında minimum 500 mm; maksimum 1200 mm mesafe tanımlanmıştır. Bu mesafenin tam olarak tanımlanmasında sürücü koltuk hareketleri, sürücü koltuğunun montaj konumu ve aracın stil tasarımı etkili olmaktadır.

## 5.2 Sürücü Pozisyonunun Belirlenmesi

Sürücünün SgRP'si, sürücü yerleşiminin tanımlanmasında en önemli ve en temel referans noktasıdır. Sürücünün SgRP'si araç tasarımının en başında belirlenmiş ve aşağıdaki nedenlerden dolayı araç tasarım sürecinde daha sonra değiştirilmemelidir.

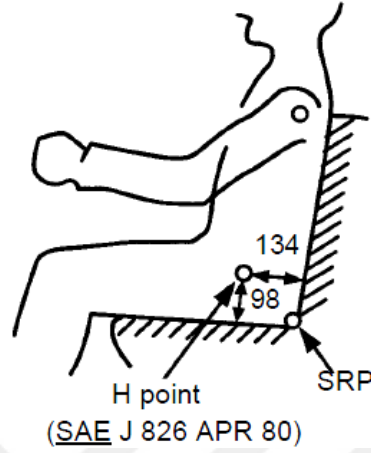
a. Araç mimarisinde sürücü lokasyonlarını belirler.

b. Sürücü ile ilgili tüm tasarım ve değerlendirme analizleri, bu noktaya göre belirlenir. Örneğin; gözlerin konumu, iç ve dış görüş, kabin boyutları (örn. Tavan yüksekliği, bacak ve omuz boşluğu), erişim bölgeleri, kontrollerin yerleri, ekranlar ve kapı açıklıkları (giriş / çıkış için).

c. SgRP konumu; SAE H-point makinasıyla(HPM) yapılmaktadır. Eğer koltuk üreticisi tarafından bu nokta belirlenmişse; HPM koltuğa yerleştirilerek koltuk üreticisinin belirlemiş olduğu SgRP noktası ile aynı toleranslarda olup olmadığı

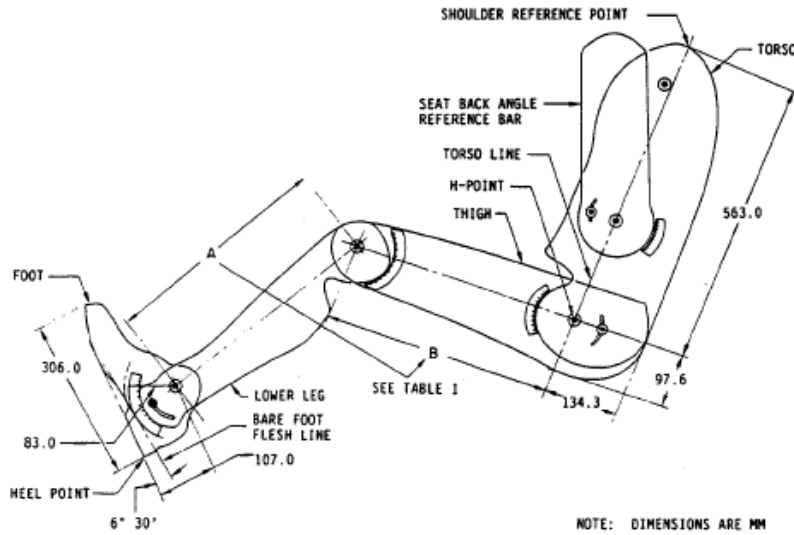
kontrol edilir. HPM'nin konumu ve uygulanma prosedürü SAE J 826 da açıklanmaktadır.

UIC 651 EK-G ek antropometrik boyutlar kısmında SRP noktası ve H-point konumu verilmiştir. Şekil 5.7'de dökümanda tanımlanan noktalar gösterilmiştir.



**Şekil 5.7 :** UIC 651 Ek-G ek antropometrik boyutlar SRP ve H point konumları.

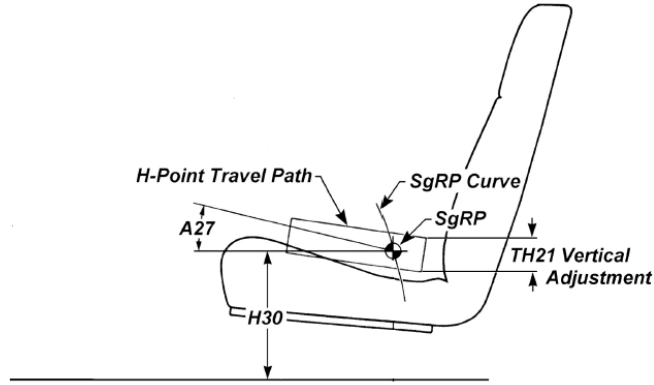
UIC 651'de gösterilen H-point; SAE J 826 da H- point makinası üzerinde tanımlanan nokta koordinatlarıdır. SAE J 826 dökümanından alınan görsel Şekil 5.8'de gösterilmektedir.



**Şekil 5.8 :** SAE J 826 H-Point şablonu.

H point konumu koltuk yapısına göre değişiklik göstermektedir. Genellikle koltuk üreticileri tarafından koltuğa göre SgRP (Seating Reference Point) belirlenir. Programda kullanılacak manikinler, bu noktayı referans alarak manikin H-point'i ile çıkışacak şekilde oturtulur.

SgRP ve H point konumlarının gösterildiği SAE J 4004 dökümanından alınan görsel Şekil 5.9’da verilmiştir.

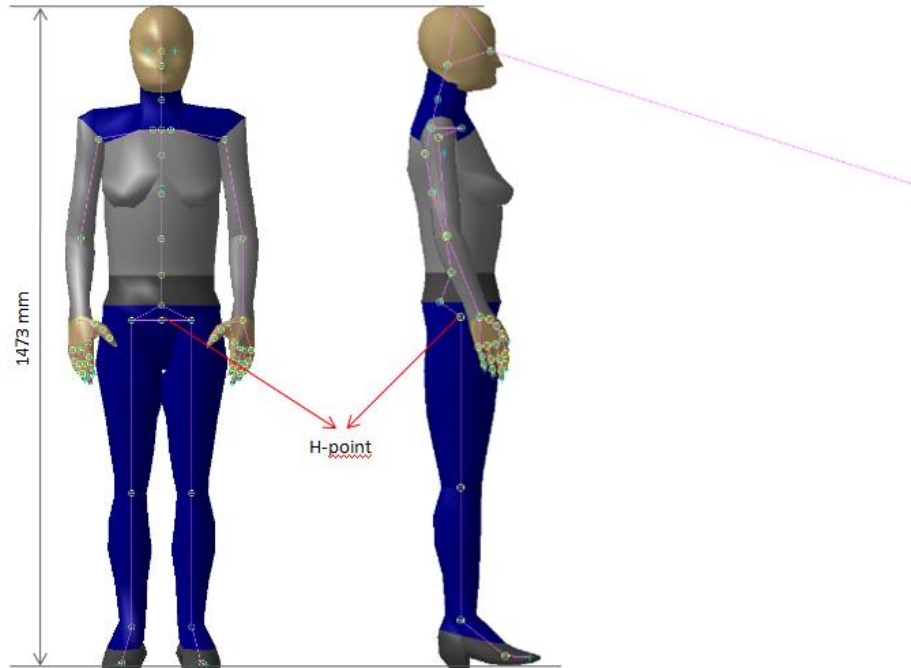


Şekil 5.9 : SAE J 4004 SgRP ve H Point konumları.

CAD datada kullanılacak manikin oluşturulurken çalışmanın 3.2 kısmında ‘Lokomotif Kabin Tasarımında Kullanılan Antropometrik Boyutlar’ başlığı altında çıkarılmış veriler kullanılmıştır.

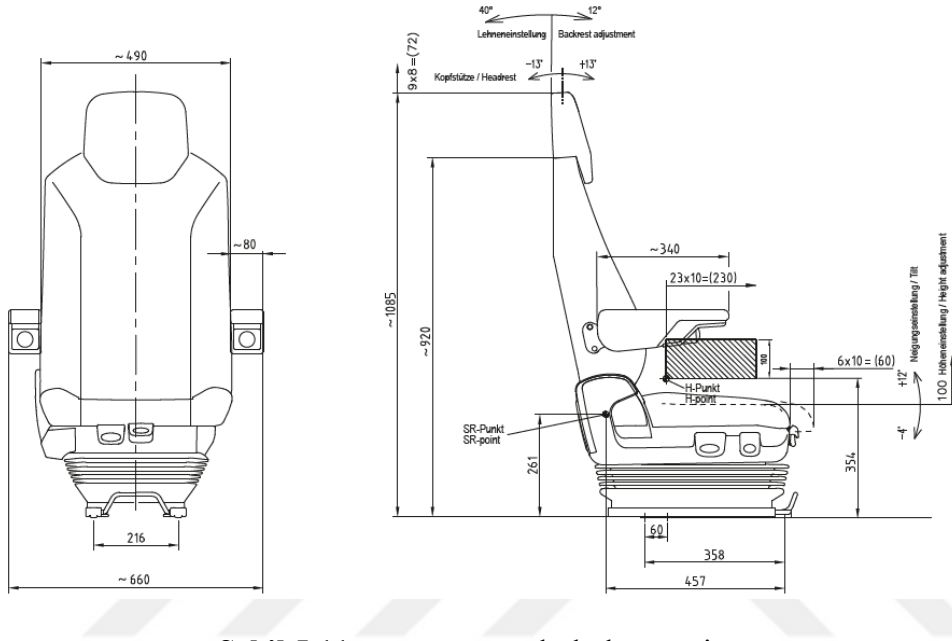
Sürücü konumu, göz noktası, görüş alanları ve erişim ile ilgili ergonomik çalışmalar RAMSIS programında gösterilmiştir. Diğer data çalışmaları CATIA programında çalışılmıştır.

Türkiye popülasyonunda %5’lik kadın boyu 1473 mm olarak diğer verilerle birlikte RAMSIS programında oluşturulan manikin Şekil 5.10’da gösterilmiştir.



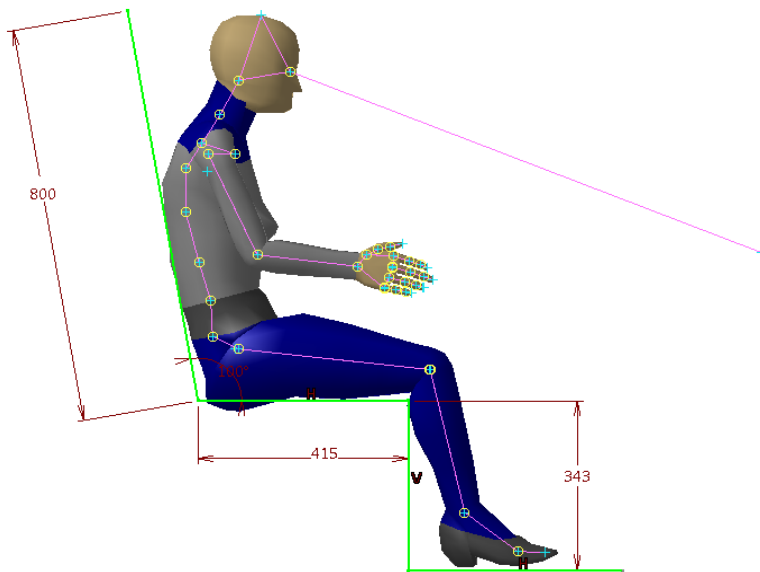
Şekil 5.10 : %5’lik Türk kadın antropometrisine göre oluşturulmuş manikin.

Tren sürücüleri için TSI, UIC ve EN standartlarına uygun koltuklar üretilmektedir. Koltuklar ne kadar standartlara uygun olsada, koltuk konforları, koltuk ayar aralıkları farklı olmaktadır. Tren sürücü koltuk örneği Şekil 5.11’de gösterilmiştir. Tasarım pozisyonunda koltuk sırtlıkları  $10^{\circ}$  -  $15^{\circ}$  açı ile durmaktadır. Koltuk minder genişlikleri 450-490 mm arası, derinliği ise 430-460 mm aralığında değişiklik göstermektedir.



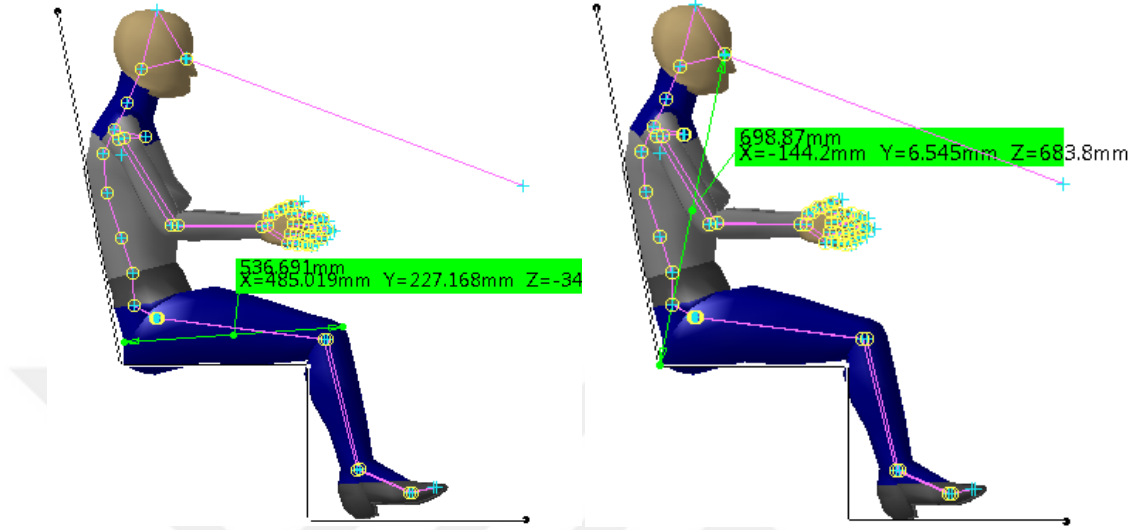
Şekil 5.11 : Tren sürücü koltuk örneği.

Manikin modelini bir SgRP noktası belirleyip oturttuğumuzda Şekil 5.12’deki gibi olmaktadır.



Şekil 5.12 : %5’lik Türk kadın sürücü oturma pozisyonu.

Oluşturulan modele baktığımızda, oturur pozisyonda, çalışmanın 3.2 kısmında belirtilen değerleri sağladığını gördük. Bunun dışında manikin boyutlarının doğruluğunu kontrol edebilmek için çalışmada önemli olacak ölçüler model üzerinden ölçülmüştür. Alınan ölçüler Şekil 5.13’de gösterilmiştir.



**Şekil 5.13 :** %5’lik Türk kadın sürücüyeye ait ölçü kontrolü.

Çalışmanın 3.2 kısmında belirtilen değerler Şekil 5.14’de verilmiştir.

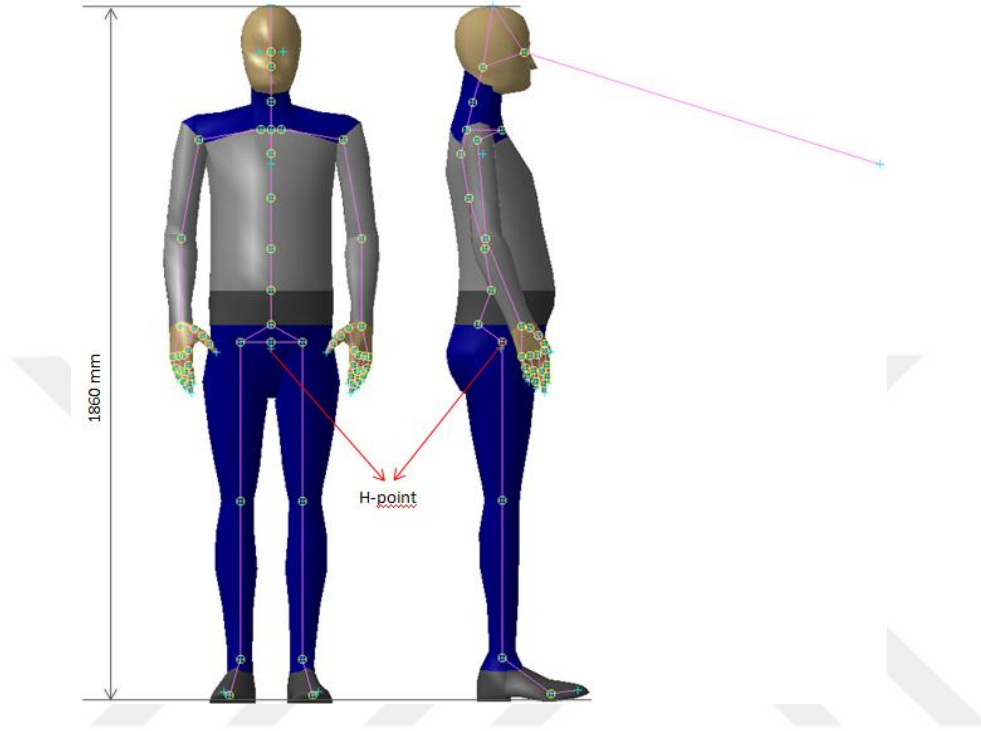
| UIC 651 Antropometrik Tanımı | Görsel | 5th Kadın (En Kısa) Antropometrik Ölçüler |                         |
|------------------------------|--------|-------------------------------------------|-------------------------|
|                              |        | Türkiye Popülasyon Verileri               | Veri Kaynağı            |
| 1. Boy Uzunluğu              |        | 1473 mm                                   | E.Güleç, 2006           |
| 2. Göz Yüksekliği            |        | 1372 mm                                   | A.İşeri, N.Arslan, 2009 |
| 3. Bust Yüksekliği           |        | 768 mm                                    | E.Güleç, 2006           |
| 4. Oturarak Göz Yüksekliği   |        | 672 mm                                    | A.İşeri, N.Arslan, 2009 |
| 5. Kalça-Diz Uzunluğu        |        | 485 mm                                    | E.Güleç, 2006           |
| 6. Diz Yüksekliği            |        | 442 mm                                    | E.Güleç, 2006           |
| 7. Diz Arka Yüksekliği       |        | 343 mm                                    | A.İşeri, N.Arslan, 2009 |
| 8. Uyluk Yüksekliği          |        | 120 mm                                    | A.İşeri, N.Arslan, 2009 |
| 9. Kalça-Diz Arkası Uzunluk  |        | 415 mm                                    | A.İşeri, N.Arslan, 2009 |

**Şekil 5.14 :** %5’lik Türk kadınına ait antropometrik ölçüler.

Tablodaki 3, 7 ve 9 numaralı değerler sağlanacak şekilde manikin oturtulmuş, 4 ve 5 nolu değerler oluşturulan model üzerinden ölçüm alınarak modelin kontrolü sağlanmıştır. 5 numaralı değer tablo ve modelde birbirini karşılarken, 4 numaralı değer modelde 11 mm daha yukarıda çıkmıştır. Çalışmanın ilerleyen kısmında ideal oturma şekli oluşturulduktan sonra tekrar göz yüksekliği kontrol edilecek ve oturur

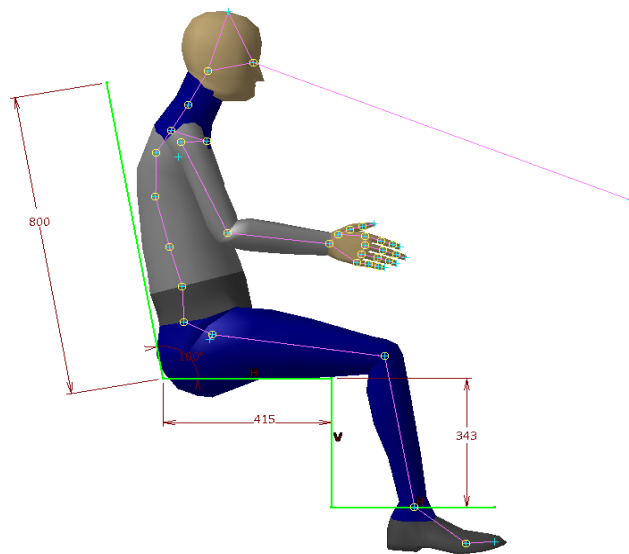
göz yüksekliği için hangi değer alt değerse o değer göz noktası kabul edilerek görüş alanlarının oluşturulmasında kullanılacaktır.

Türkiye popülasyonunda %95'lik erkek boyu 1860 mm olarak diğer verilerle birlikte RAMSIS programında oluşturulan manikin Şekil 5.15'de gösterilmiştir.



**Şekil 5.15 :** %95'lik Türk erkek antropometrisine göre oluşturulmuş manikin.

%95'lik manikin modelini uygun bir SgRP noktasında %5'lik kadın manikine uygun olan yapıya oturtulduğunda Şekil 5.16 daki gibi olmaktadır.



**Şekil 5.16 :** %95'lik Türk erkek sürücü oturma pozisyonu-1.

%95’lik erkek antropometrik değerlerine uygun bir yapı oluşturduğumuzda Şekil 5.17’deki gibi olmaktadır.



49

Çalışmanın 3.2 kısmındaki %95’lik erkek antropometrisinin çıkarıldığı ölçüler Şekil 5.19’da verilmiştir.

| UIC 651 Antropometrik Tanımı | Görsel | 95th Erkek (En Uzun) Antropometrik Ölçüler |                         |
|------------------------------|--------|--------------------------------------------|-------------------------|
|                              |        | Türkiye Popülasyon Verileri                | Veri Kaynağı            |
| 1.Boy Uzunluğu               |        | 1860 mm                                    | E.Güleç, 2006           |
| 2.Göz Yüksekliği             |        | 1736 mm                                    | A.İşeri, N.Arslan, 2009 |
| 3.Büst Yüksekliği            |        | 967 mm                                     | E.Güleç, 2006           |
| 4.Oturarak Göz Yüksekliği    |        | 865 mm                                     | A.İşeri, N.Arslan, 2009 |
| 5.Kalça-Diz Uzunluğu         |        | 632 mm                                     | E.Güleç, 2006           |
| 6.Diz Yüksekliği             |        | 589 mm                                     | E.Güleç, 2006           |
| 7.Diz Arka Yüksekliği        |        | 469 mm                                     | A.İşeri, N.Arslan, 2009 |
| 8.Uyuk Yüksekliği            |        | 185 mm                                     | A.İşeri, N.Arslan, 2009 |
| 9.Kalça-Diz Arkası Uzunluk   |        | 513 mm                                     | A.İşeri, N.Arslan, 2009 |

Şekil 5.19 : %95’lik Türk erkeğine ait antropometrik ölçüler.

Bu değerler ile karşılaştırma yaptığımızda;

5 nolu bölge için tabloda 632 mm değeri verilirken modelimizde 607 mm ölçülmüştür. 4 nolu bölge, tabloda 865 mm verilirken model üzerinde 841 mm olarak ölçülmüştür. Oluşan farklar; kontrol masası yerleşimi yapılırken diz mesafesini ve görüş alanlarının oluşturulmasını etkilemektedir. Uygun oturma şekli oluşturulduğunda tekrar bu ölçüler kontrol edilerek uygunluk durumu değerlendirilecektir. %95’lik erkek kullanıcıda diz mesafesi ve göz noktası için hangi değer daha büyükse o değer alınarak çalışmada kullanılacaktır.

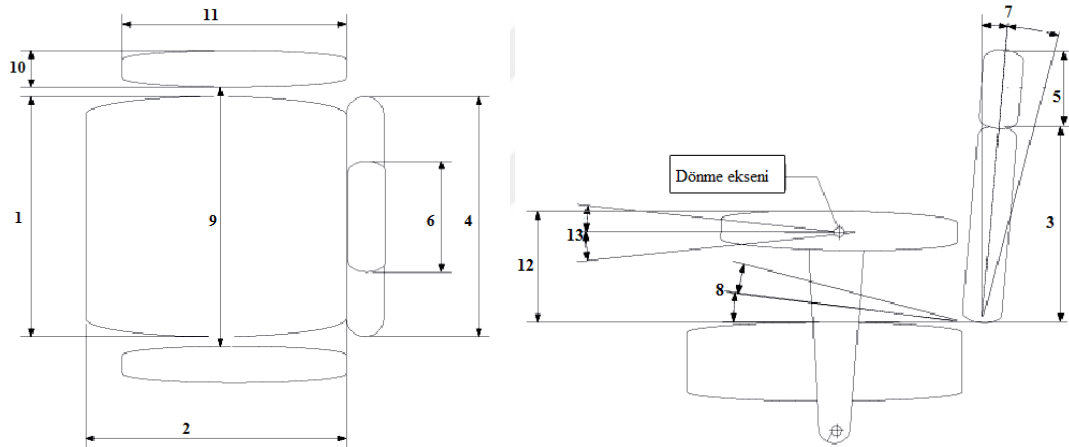
### 5.2.1 %5’lik kadın ve %95’lik erkek sürücülere uygun koltuk seçimi

Koltuk, sürücünün lokomotif kullanımı süresince en fazla etkileşimde olduğu öğedir. Yapılan sürücü anketlerinde de daha çok koltuk yapısı ile ilgili geri dönüşler alınmaktadır. Bu yüzden öncelikle uygun sürücü koltuğu boyutlarının belirlenmesi daha doğru bir yaklaşım olacaktır. Standartlarda uygun olan koltuk ölçüleri UIC 651 Ek-H’de ve UIC 612 K.9’da belirtilmektedir. Her iki dökümana baktığımızda koltuk detayları UIC 612 K.9’da daha detaylı verildiği görülmektedir. Dolayısıyla koltuk boyutlarının seçilmesinde buradaki değerlerin kullanılması daha sağlıklı olacaktır. Yinede her iki dökümanda belirtilen ölçüleri görebilmek ve değerlendirebilmek için çizelge oluşturulmuştur.

Dökümanlarda verilen temel ölçüler Çizelge 5.1’de verilmiş, Şekil 5.20’de gösterimi yapılmıştır.

**Çizelge 5.1 : UIC 651 Ek-H ve UIC 612 K.9’da Belirtilen Temel Koltuk Ölçüleri.**

| No | Koltuk Parametreleri         | UIC 651                       | UIC 612                      |
|----|------------------------------|-------------------------------|------------------------------|
| 1  | Koltuk genişliği             | -                             | 450 mm                       |
| 2  | Koltuk derinliği             | 380 - 430 mm                  | 350 - 480mm arası            |
| 3  | Koltuk sırtlık yüksekliği    | min 450 mm                    | 600 mm                       |
| 4  | Koltuk sırtlık genişliği     | min 420 mm                    | 450 mm                       |
| 5  | Koltuk başlık yüksekliği     | -                             | 200 mm                       |
| 6  | Koltuk başlık genişliği      | -                             | 300 mm                       |
| 7  | Koltuk sırt açısı ayarı      | 5° - 15° arası ayarlanabilir  | 5° - 15° arası ayarlanabilir |
| 8  | Koltuk minder açısı          | +5° - -5° arası ayarlanabilir | 6° - -6° arası ayarlanabilir |
| 9  | Kolçaklar arası min. açıklık | -                             | 450 mm                       |
| 10 | Kolçak genişliği             | -                             | 60 - 80 mm arası             |
| 11 | Kolçak uzunluğu              | -                             | 250 - 300 mm arası           |
| 12 | Kolçak yüksekliği            | -                             | 180 mm -280 mm arası         |
| 13 | Kolçak açısı                 | -                             | 6° - -6° arası ayarlanabilir |
| 14 | Koltuk yükseklik ayarı min.  | 70 mm                         | 120 mm                       |
| 15 | Koltuk ileri-geri ayarı min. | 150 mm                        | 200 mm                       |
| 16 | Koltuk dönüş hareketi min.   | -                             | 120° sağa ve sola            |



**Şekil 5.20 : Koltuk parametreleri.**

Genel olarak Çizelge 5.1’e bakıldığında UIC 651’de verilen ölçülerin ve ayar aralıklarının UIC 612’ye göre daha küçük veya daha az olduğu görülmektedir. Sürücü konforunu düşündüğümüzde, tüm bu değerlerin, sürücü kullanımına göre geniş aralıklarda ayarlanabilir olması tercih edilmelidir. Sürücü koltuğunun yalnızca yüksekliğinin ve ileri geri ayarlanıyor olması yeterli konforu sağlamayacaktır. Örneğin, koltuk derinliğinin ve kolçakların sürücüye göre ayarlanması sürüş sırasında hissedilir seviyede konfor sağlamaktadır. Lokomotif kabin tasarımında mümkün olduğunca kolçaksız sürücü koltuklarından kaçınılmalıdır. Diğer taraftan yıllar ilerledikçe antropometrik verilerde bulunan ağırlık değerlerinin de arttığı görülmüştür. İlerleyen zamanlarda sürücülerin daha kilolu olacağı göz önünde

bulundurularak koltuğun seçiminin yapılması daha doğru olacaktır. Tüm bu değerlendirmeler doğrultusunda en az UIC 612’de verilen değerlerin sürücü koltuklarında sağlanıyor olması gerekmektedir.

UIC 612’de belirtilen ölçülere uygun olacak şekilde bir koltuk datası seçimi yapılmıştır. Çalışma yapılacak koltuk Şekil 5.21’de, ölçü değerleri Çizelge 5.2’de gösterilmiştir. Koltuğun dizayn pozisyonundaki sırt açısı  $15^\circ$  dir. Manikin ideal duruşuna göre sırt açısı değiştirilecektir.



**Şekil 5.21 :** Data çalışmasında kullanılan koltuk.

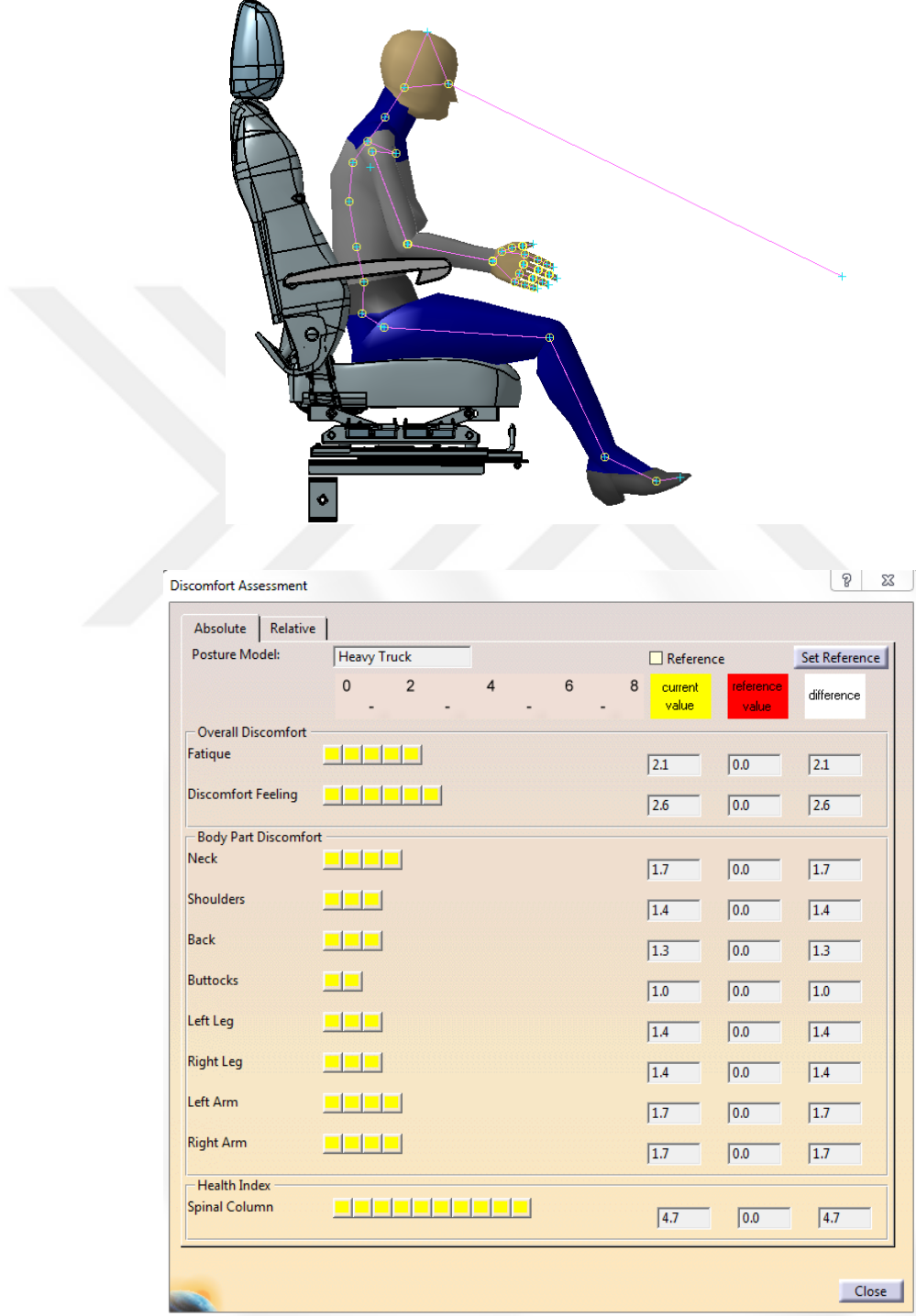
**Çizelge 5.2 :** Data çalışmasında kullanılan koltuk ölçüleri.

| No | Koltuk Parametreleri         | Ölçü   |
|----|------------------------------|--------|
| 1  | Koltuk genişliği             | 455 mm |
| 2  | Koltuk derinliği             | 465 mm |
| 3  | Koltuk sırtlık yüksekliği    | 600 mm |
| 4  | Koltuk sırtlık genişliği     | 450 mm |
| 5  | Koltuk başlık yüksekliği     | 200 mm |
| 6  | Koltuk başlık genişliği      | 300 mm |
| 7  | Kolçaklar arası min. açıklık | 500 mm |
| 8  | Kolçak genişliği             | 60 mm  |
| 9  | Kolçak uzunluğu              | 300 mm |
| 10 | Kolçak yüksekliği            | 225 mm |

Tüm değerlendirmeler koltuk SRP veya SgRP noktasına göre yapıldığı için öncelikle koltukta bu noktalar belirlenmiştir. Daha sonra, oluşturulan manikinler koltuk SgRP noktasına göre oturtulmuştur. Burada önemli olan nokta sürücünün hangi sırt açısı ile oturduğunda rahat bir sürüş sağlayacağıdır. Sırt açısının değerine göre sürücünün göz noktası ve erişim sınırları da değişmektedir. UIC 651 ve UIC 612’ de sırt açısı değerleri  $5^\circ$  ile  $15^\circ$  arası değişen değer aralığında verilmektedir. Bu açı değerlerinden

hangisinin rahat kullanım sağladığını bulabilmek için %5'lik kadın ve %95'lik erkek kullanıcının sırt açısı 5°, 10°, 15° olmak üzere üç farklı şekilde değerlendirilmiştir.

Şekil 5.22'de %5'lik kadın sürücünün 5° sırt açısı ile koltuk SgRP noktasına göre oturma şekli ve konfor analizi gösterilmektedir.



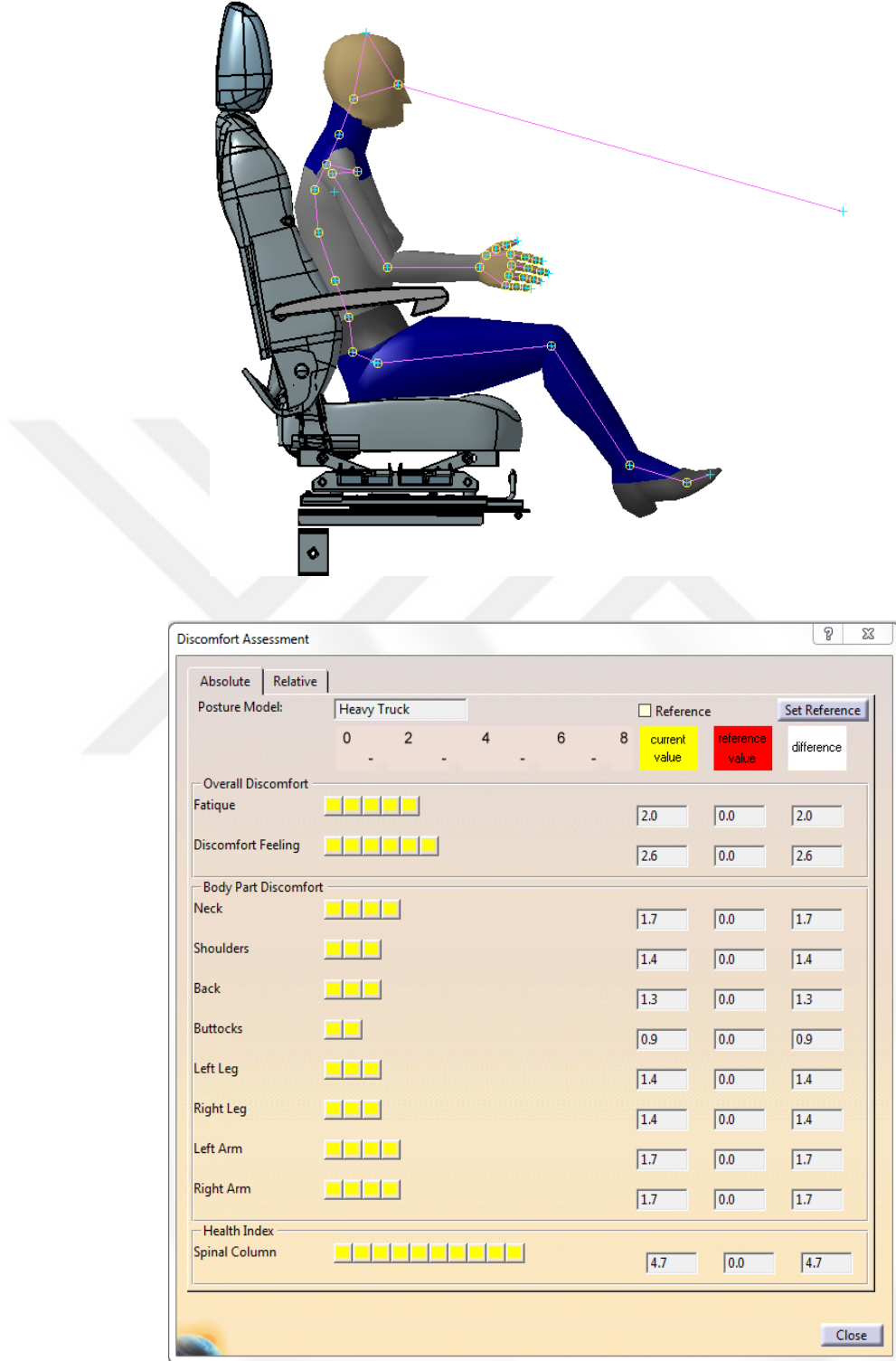
Şekil 5.22 : %5'lik Türk kadın kullanıcının 5° sırt açısı ile koltuk SgRP noktasına göre oturtulması ve konfor analizi.

Şekil 5.23’de %5’lik kadın sürücünün 10° sırt açısı ile koltuk SgRP noktasına göre oturma şekli ve konfor analizi gösterilmektedir.



Şekil 5.23 : %5’lik Türk kadın kullanıcının 10° sırt açısı ile koltuk SgRP noktasına göre oturtulması ve konfor analizi.

Şekil 5.24’de %5’lik kadın sürücünün 15° sırt açısı ile koltuk SgRP noktasına göre oturma şekli ve konfor analizi gösterilmektedir.



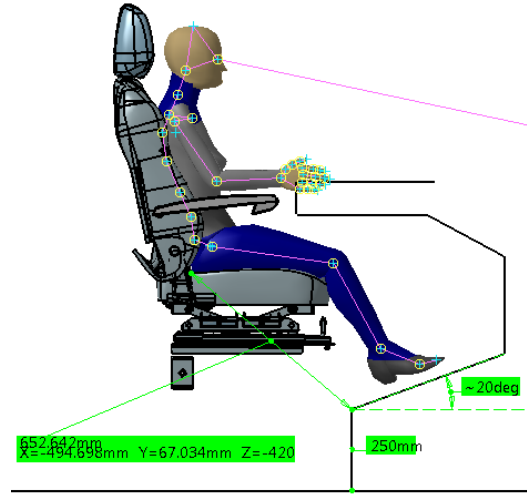
Şekil 5.24 : %5’lik Türk kadın kullanıcının 15° sırt açısı ile koltuk SgRP noktasına göre oturtulması ve konfor analizi.

Konfor analizinde farklı değişkenlerin farklı şekilde etki etmemesi için sırt açısı dışında kalan diğer vücut açıları aynı tutulmuştur. Sırt açısı değerleri değiştirildiğinde, konfor analiz sonuçları; 5° ve 15°'nin 2.6 puanla daha iyi olduğunu göstermektedir. Yalnız alt kırımlara baktığımızda 15° sırt açısının daha uygun olduğu görülmektedir. Diğer taraftan 15° sırt açısıyla göz noktası daha yukarıda olmaktadır ve görüş açısını iyileştirmektedir. Bu açıdan bakıldığında da 15° sırt açısı tercih edilebilir.

Kullanıcıyı doğru bir şekilde koltuğa oturtabilmek için ayak basma yüzeyinin de belirlenmesi gerekmektedir. UIC 651'de Ek-G kısmında SRP noktası ile topuk noktası arası mesafe en az 400-420 mm olarak tanımlanmaktadır. Fakat bu değer minimum kullanıcı boyunun 1600 mm olduğu durum için tanımlanmıştır. Çalışmada en kısa kullanıcı 1473 mm boyundadır ve belirlenecek önemli noktalardan biri bu değer olacaktır.

Kısa bir kullanıcının yüksek araçların kullanımında H-point ile topuk noktası arasındaki uygun yükseklik değeri (H30) 450-460 mm'dir. Lokomotiflerde ihtiyaç duyulan alçak sinyal görüş mesafesinin sağlanabilmesi için koltuk, kabin zemininden daha yukarıda konumlanmaktadır. Sürücünün H-point – topuk arası yüksekliğin 450-460 mm olabilmesi için kontrol masası altında ayak basma yüzeyinin yükseltilmesi gerekmektedir. Bu yüzden UIC 651 Ek- H kısmında ayak basma bölgesi 150-250 mm yükseklik değer aralığı, ayak basma yüzeyi 15°-25° eğim aralığında tanımlanmaktadır. Bizim için önemli olan; bu değer aralıklarında tasarım yapıldığı zaman %5'lik kadın sürücüye uygun bir tasarım olup olmayacağıdır. Öncelikle durumun uygunluğunu görebileceğimiz UIC 651'de tanımlanan bu aralıklar kullanılarak kontrol masasına ait basit bir CAD data oluşturulmuştur.

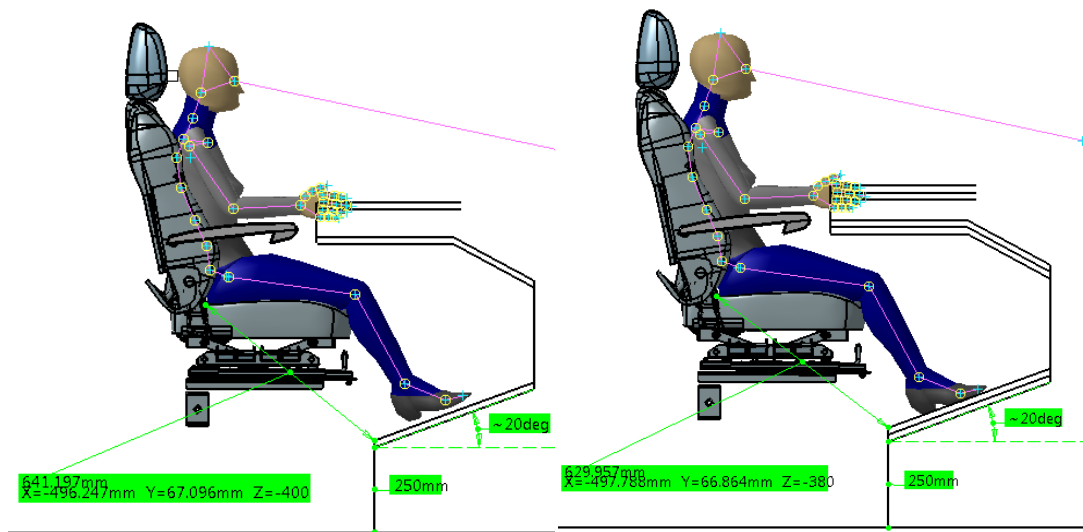
Çalışmada tanımlanan %5'lik kadın sürücünün antropometrik boyutları UIC 651' de tanımlanan kısa sürücünün antropometrik değerlerinden daha küçük olduğundan dolayı ayak basma yüzeyinin yerden minimum yüksekliği 250 mm alınmıştır yani maksimum yükseklik değeri seçilmiştir. Yüzeyin açısı değeri; öncelikle kısa kullanıcının oturma şekline dayanarak, ayak yüzeyine uygun olacak şekilde; diğer taraftan %5'lik kadın kullanıcının çok fazla ileri gitmeden kullanabileceği yükseklik değerini sağlayabilecek şekilde belirlenmiştir. Bu şartlara göre hazırlanan data ve manikin konumunu gösteren görsel Şekil 5.25'de gösterilmiştir.



**Şekil 5.25 :** Topuk noktası – SRP noktası arası mesafe.

Kontrol masasının maksimum ayak basma yüksekliği: 250 mm; kontrol masası ayak basma yüzey açısı 20°; SRP minimum yüksekliği 400-420 mm değerleri uygulandığında %5’lik Türk kadın kullanıcısı için SRP’ye ait verilen minimum yükseklik değerlerinin sağlanmadığı görülmektedir.

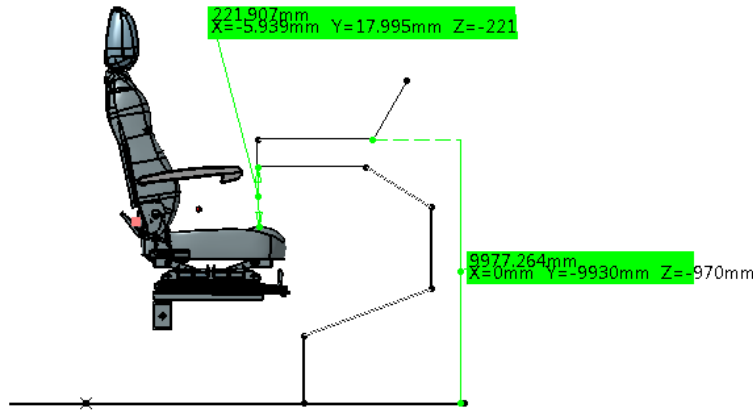
Kısa kullanıcımızın ayak basma yüzeyine basabilmesi için 400 mm minimum SRP yükseklik değerinin uygulanmadığı görülmüştür. Bu yüzden topuk noktası ve SRP noktası arası mesafe 20 mm daha azaltılmıştır. Böylece %5’lik Türk kadın kullanıcı ayak basma yüzeyine tam olarak basabilmiştir. Fakat topuk noktası ile SRP arasında 380 mm değeri oluşmuştur ve UIC 651’de belirtilen alt sınırın dışında kalmaktadır. Şekil 5.26’ da uygun oturma şekli gösterilmiştir.



**Şekil 5.26 :** %5’lik Türk kadın kullanıcı için tanımlanmış uygun oturma pozisyonu.

Aynı zamanda kısa kullanıcıya göre oluşturduğumuz bu girdiler koltuk konumu içinde bize bir girdi sağlamaktadır. Kısa kullanıcının oturma şeklinde koltuk pozisyonu en alt ve en önde kabul edilebilir. En ön ve en alttaki koltuk pozisyonuna göre %95'lik erkek sürücü için UIC 651'de tanımlanan koltuk hareketleri gerçekleştiğinde, %95'lik sürücü, uygun bir oturma şekli sağlayabiliyor mu ayrıca değerlendirilecektir. UIC 651 Ek-F'de kısa kullanıcı ile uzun kullanıcı arasında 80 mm yükseklik farkı tanımlanmaktadır. Diğer taraftan %95'lik sürücü için koltuk yukarı 80 mm kaldırıldığında kontrol masası ile olan yakınlık ilişkisinin değerlendirilmesi de önemlidir.

UIC 651 Ek-H'de koltuk ile kontrol masası arasındaki ilişki tanımlanmaktadır. Koltuk – kontrol masası arasındaki ilişkide önemli olan antropometrik ölçüler: diz yüksekliği, kalça-diz uzunluğu, uyluk yüksekliğidir. %95'lik erkek kullanıcının sürüş pozisyonu belirlenirken, UIC 651 Ek-H'de belirtilen koltuk ve kontrol masası arasındaki ölçü değerleri sağlanacak şekilde optimum bir konumlama yapılmıştır. Koltuk en alt ve en ön noktada iken Şekil 5.27'de gösterilen değerler oluşturulmuştur.



**Şekil 5.27 :** Koltuk minder ve kontrol masası altı yükseklik.

Koltuk en alt en ön konumunda kontrol masasının altı ile koltuk minder arasında 221 mm mesafe bulunmaktadır. Şekil 5.28'e baktığımızda koltuk en üst en ön pozisyondayken masanın altı ile minder arası mesafe en az 140 mm olması istenmektedir. Bu durumda koltuk en üst pozisyonunda yani 80 mm yukarı alındığında bu değer sağlanabileceği görülmektedir. Bu şekilde masa altı ile koltuk minder arasında 141 mm kalacaktır. Yapılan bu değerlendirme ile minimum

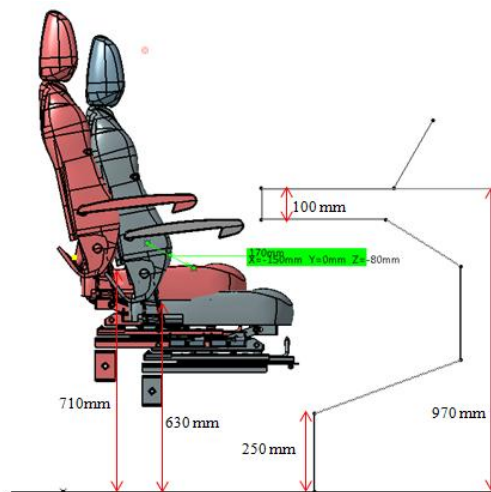
**Şekil 5.28 : UIC 651 Ek-H kontrol masası ölçülendirilmesi**

Kısa kullanıcının kontrollere erişim sağlayabileceği, koltuk pozisyonunu en öndeki konumu belirlenmeye çalışılmıştır. Bu aşamadan sonra oluşturulan kontrol masasının %95’lik Türk erkek kullanıcıya uygunluğunu değerlendirilecektir.

**Şekil 5.28 : UIC 651 Ek-H kontrol masası ölçülendirilmesi.**

Kısa kullanıcının kontrollere erişim sağlayabileceği, koltuk pozisyonunun en alt ve en öndeki konumu belirlenmeye çalışılmıştır. Bu aşamadan sonra ön görüsel olarak oluşturulan kontrol masasının %95’lik Türk erkek kullanıcıya uygunluk durumu değerlendirilecektir.

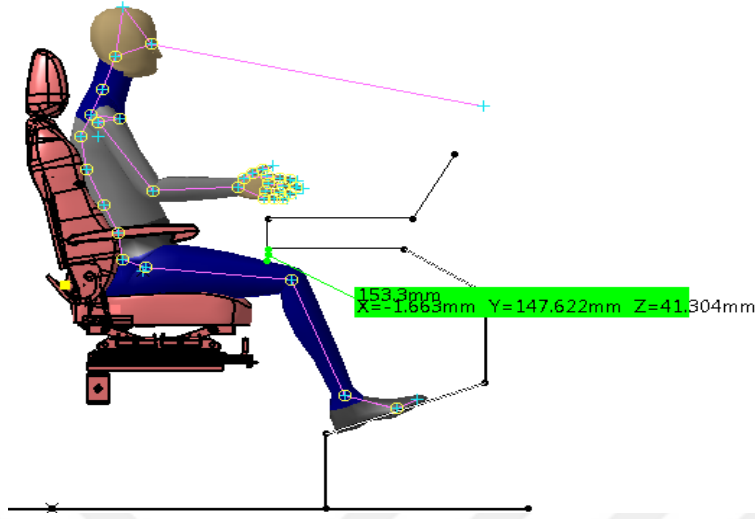
UIC 651 Ek-F’de; kısa kullanıcının ve uzun kullanıcının SRP noktaları arasındaki fark: yükseklik olarak 80 mm, geri yönde minimum 150 mm tanımlanmaktadır. %5’lik kullanıcının koltuk konumunu 80 mm yükseltip, 150 mm geri aldığımızda Şekil 5.29 elde edilmektedir. %95’lik erkek kullanıcı bu pozisyonda oturtularak kontroller sağlanacaktır.



**Şekil 5.29 :** UIC 651'e göre en uzun ve en kısa kullanıcı için tanımlı koltuk konumları.

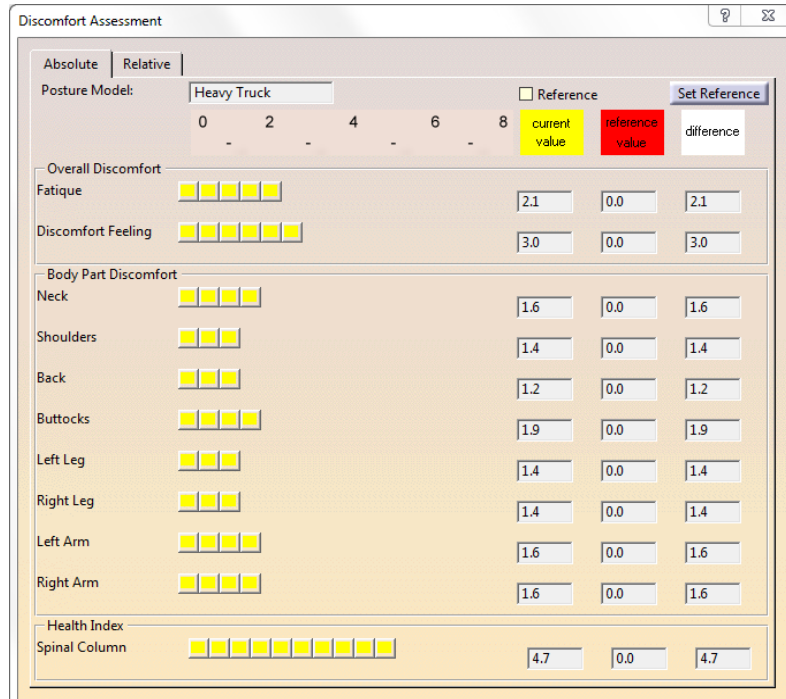
Uzun kullanıcı UIC 651’de belirtilen pozisyondaki koltuk konumuna oturtulmuştur.

Şekil 5.30’da %95’lik erkek sürücünün oturma pozisyonu gösterilmiştir.



Şekil 5.30 : %95 Türk erkek kullanıcının sürücü koltuğunda oturma pozisyonu

Uzun kullanıcının diz üstü ile masa altı mesafe 41 mm’dir. Bu boşluk değeri fazla olmasada yeterli miktardadır. %95’lik erkek sürücü belirlenen koltuğa oturduğunda uygun bir konumda oturabilmektedir. Diğer taraftan sırt açısı değerleri %95’lik kullanıcıya da aynı şekilde uygulanmıştır. Konfor analizleri kabul edilir seviyede görülmektedir. Şekil 5.31’de %95’lik sürücünün konfor analiz sonucu verilmiştir.



Şekil 5.31 : %95’likTürk erkek sürücünün 15° sırt açısıyla çıkan konfor analiz sonucu.

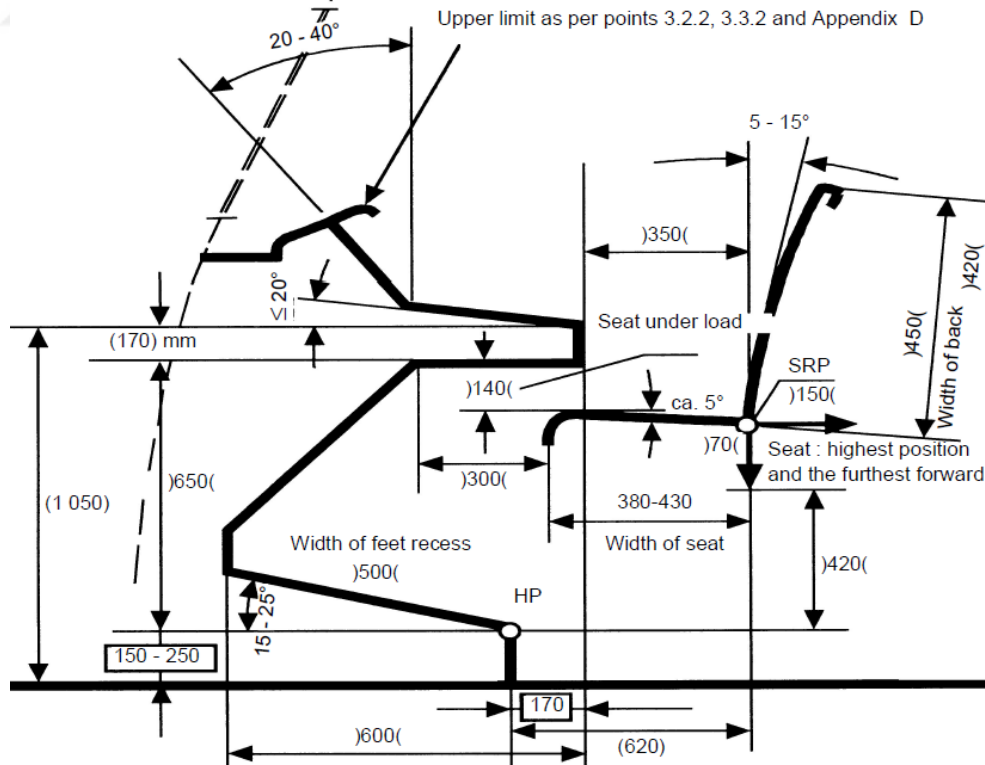
Bu çalışmalar ile çıkarılan koltuk hareketinin; yükseklik olarak minimum 80 mm , ileri-geri olarak minimum 150 mm olması yeterli olduğu görülmüştür. Sürücülerin rahatlıkla koltuğa oturup kalkabilmeleri, rahat hareket sağlayabilmeleri için koltuk hareketinin en önden en geriye doğru hareketi UIC 612’de belirtilen minimum değer; 200 mm olmalıdır.

Kısa kullanıcıda çıkan ilk değerlendirmeye baktığımızda; UIC 651’de tanımlanan ölçülerin, %5’lik Türk kadın sürücü boyutları için yüksek olduğu görülmüştür ve uygun olmamaktadır. Koltuğun daha fazla aşağı alınması görüş açılarını etkileyeceği için bu durumda ayak basma yüzeyinin ayarlanabilir olması tercih edilmelidir.

### 5.3 Türk Antropometrik Değerlerine Uygun Kontrol Masası Ölçüleri Ve Yerleşimi

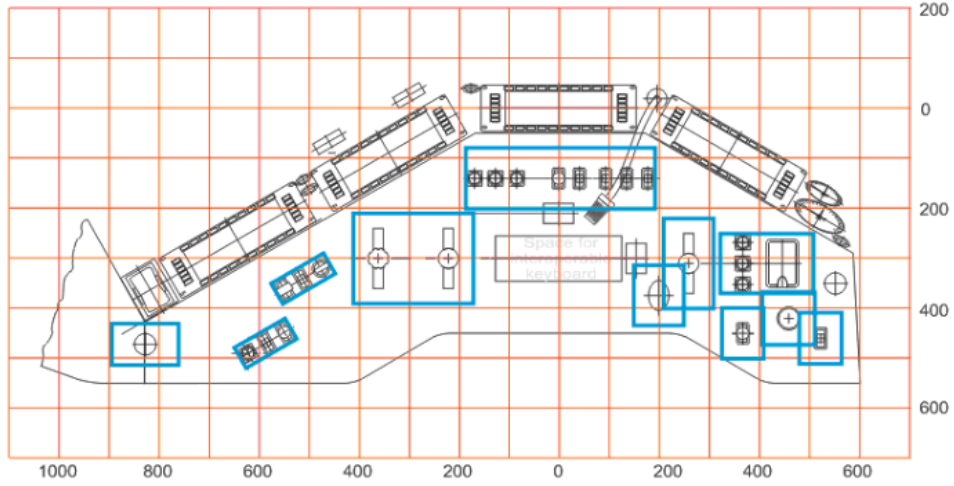
Kontrol masasının koltuk ile ilişkili olan ölçüleri 5.2 kısmında belirlendi. Kontrol masasının üst yüzeyi ve buradaki yerleşimin belirlenmesi gerekmektedir.

Kontrol masasına ait mekanik ölçüler UIC 651 Ek-H kısmında tanımlanmaktadır. Şekil 5.32’de bu ölçüler gösterilmektedir.



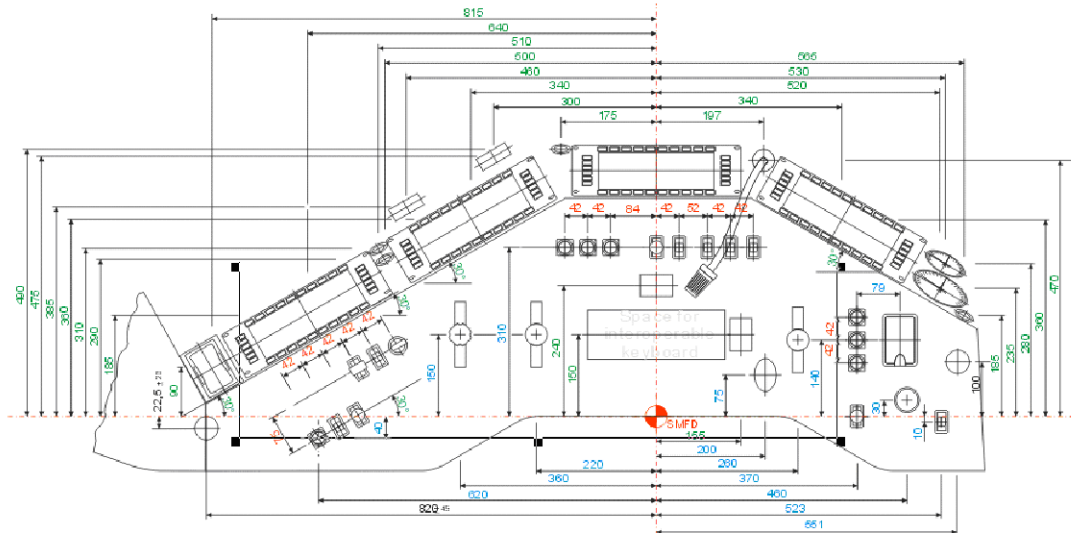
Şekil 5.32 : UIC 651 EK-H kontrol masasına ait yapısal ölçüler.

Kontrol masasının üzerinde bulunması gereken veya opsiyon olarak kullanılan ekran, kontrol kolları ve düğmeler UIC612’de tanımlanmaktadır. Komponentlerin yerleşimi için genel bir ölçeklendirme yapılmıştır. Şekil 5.33’de kontrol masasının ölçeklendirmesi gösterilmektedir.



**Şekil 5.33 :** UIC 612’de kontrol masasının üstten görünümü ve ölçeklendirmesi.

Kontrol masasının üzerinde bulunan ekipmana ait yerleşim; komponentlerin merkezleri referans alınarak masa üzerinde oluşturulan koordinat sistemiyle belirlenmiştir. ‘0’ noktası SMFD olarak tanımlanmıştır. Bu nokta masanın merkezi aynı zamanda sürücünün merkez noktasıdır. Yerleşim Şekil 5.34’de gösterilmiştir.

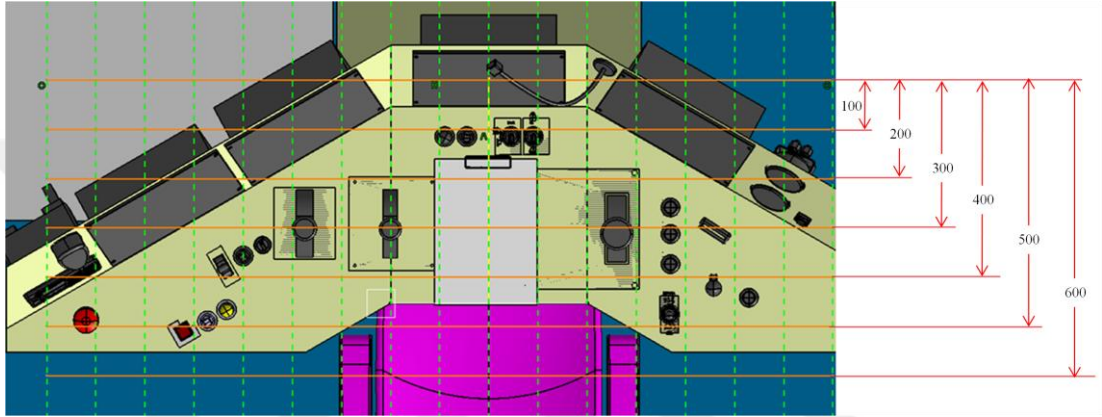


Red values: tolerance for coordinates:  $\pm 2,5$  mm, for angles  $\pm 3^\circ$   
Blue values: tolerance for coordinates:  $\pm 30$  mm, for angles  $\pm 8^\circ$   
Green values: tolerance for coordinates:  $\pm 150$  mm, for angles  $\pm 15^\circ$

**Şekil 5.34 :** UIC 612’ye göre kontrol masası yerleşimi.

Şekil 5.33'e baktığımızda orta ekran merkezi ile SMFD arası önerilen mesafe yaklaşık 450 mm 'dir. Burada verilen ölçülendirmeye göre kontrol masasının üst yüzey datası oluşturulmuştur.

Aynı zamanda kontrol masası üzerinde bulunması gereken uygun kontrol kolları ve düğmeler; UIC 612'de verilen yerleşim önerisine göre yerleştirilmiştir. Bu şekilde hem kullanıcıların erişimleri için uygunluk durumu kontrol edilecek hem de komponentlere uygun yeterli hacimler tanımlanarak yeterli alan ve hacmin olup olmadığı kontrol edilebilecektir. Şekil 5.35'de oluşturulan data görülmektedir.



**Şekil 5.35 : CAD data olarak oluşturulan kontrol masası.**

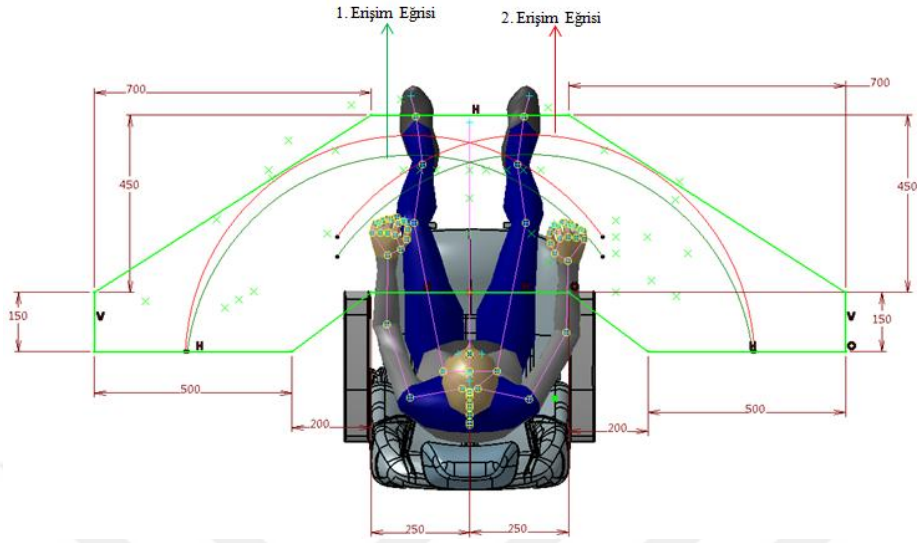
Tolerans değerleri kullanılmadan belirtilen koordinatlara göre yerleşim yapılmıştır. Parça hacimlerine baktığımızda komponentler için yeterli alan bulunmaktadır. Fakat bu koordinatlarda komponentler arasında yeterli boşluk bulunmamaktadır. Bu yüzden bazı komponentler toleranslar aralığında tekrar yerleşimi değerlendirilecektir. Oluşturduğumuz kısa kullanıcı ve uzun kullanıcının erişimlerine göre uygun olmadığı takdirde kontrol kolların ve düğmelerin yerleşimi tekrar güncellenecektir.

### **5.3.1 Kotrol masasının yüzey derinliğinin belirlenmesi**

Masanın genel ölçüleri ve ekipmanların yerleşimi belirtilmiş olsada önemli olan kullanıcıların buralara rahat erişim sağlayabilmesi gerekmektedir. Bu yüzden UIC standartında istenen yerleşime uygun yapılmış data üzerinde manikinlerin erişebilirlik sınırları kontrol edilmiştir.

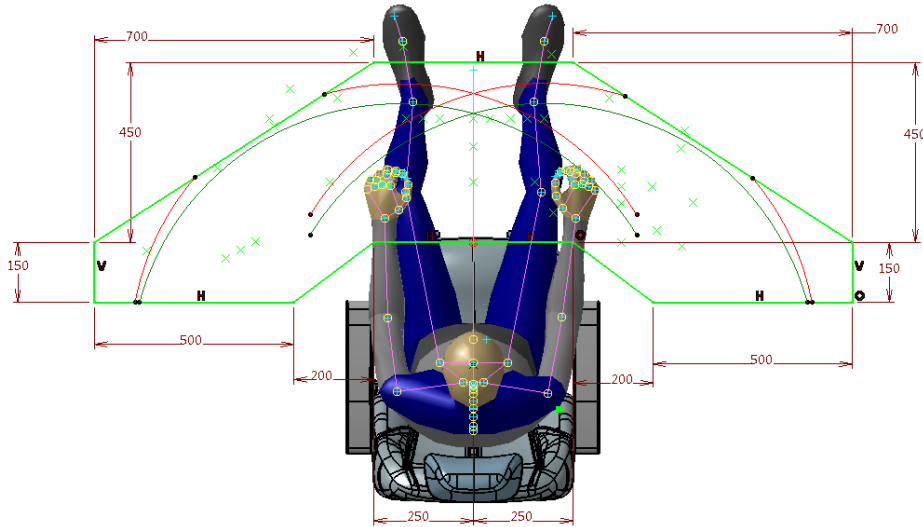
Belirlenen oturma şekli ve konumuna göre iki farklı erişilebilirlik eğrisi çıkarılmıştır. Şekil 5.36'de yeşil ile gösterilen eğri, elin kavrama yapabildiği sınırı göstermektedir. Omuz eklem noktasından yeşil eğri arasındaki en uzak mesafe 637 mm olmaktadır.

Kırmızı ile gösterilen eğri parmak ile basma işlemi yapabileceği ikinci erişim olarak çıkarılmıştır. Bunun için erişim yapabileceği en uzak nokta 680 mm çıkarılmıştır.



**Şekil 5.36 :** %5'lik Kadın sürücünün erişim sınırları.

Şekil 5.37'de %95'lik erkek kullanıcıya ait erişim sınırları belirlenmiştir. Yeşil sınır ile tanımlanmış eğrinin omuz eklem noktasıyla arasındaki en uzak mesafe 777 mm ölçülmüştür. Kırmızı sınır ile en uzak noktası 827 mm olarak ölçülmüştür.



**Şekil 5.37 :** %95'lik Erkek sürücünün erişim sınırları.

Her iki kullanıcının da kontrollere erişimi mümkün görünmektedir. Kontrol masasının yüzey derinliğini uygun kabul edebiliriz.

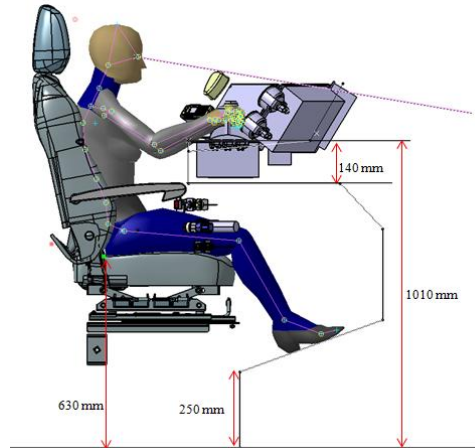
### 5.3.2 Kontrol masasının yüksekliğinin belirlenmesi

Masanın yüksekliğini belirleyen veya sınırlayan başlıca kriterler aşağıdaki gibidir;

1. Kısa kullanıcının alçak sinyal görüşü: Alçak sinyallerin görülebilmesi uzun kullanıcı açısından problem olmamaktadır fakat kısa kullanıcı önünde herhangi bir engel olmadan sürüş sırasında alçak sinyalleri görebilmelidir.
2. Uzun kullanıcının diz yüksekliği : UIC 651’de koltuk- masa arasında olması gereken 140 mm minimum yükseklik değeri tanımlanmıştır. Bu ölçü verilmiş olsada oluşturulan manikin üzerinden bir değerlendirme yapılacaktır.
3. Masanın üzerinde kullanılan kontrol ünitelerinin masa altında kalan hacimleri: Komponentlerin yerleşimi kesinlikle göz önünde bulundurulmalıdır. Belirlenen ölçülerden daha büyük olması durumunda birçok ölçü değerinin değişmesine hatta tasarımın değişmesine neden olabilmektedir.

Kısa ve uzun kullanıcının sürüş yapabileceği ideal konum ve pozisyon 5.2’de belirlenmiştir. Bu değerlendirmeye ek olarak kısa kullanıcının alçak sinyal görüşünü, masa üzerindeki ekipmanların yerleşim büyüklüklerini, uzun kullanıcının diz yüksekliği birlikte değerlendirilerek kontrol masasının optimum yüksekliği belirlenecektir.

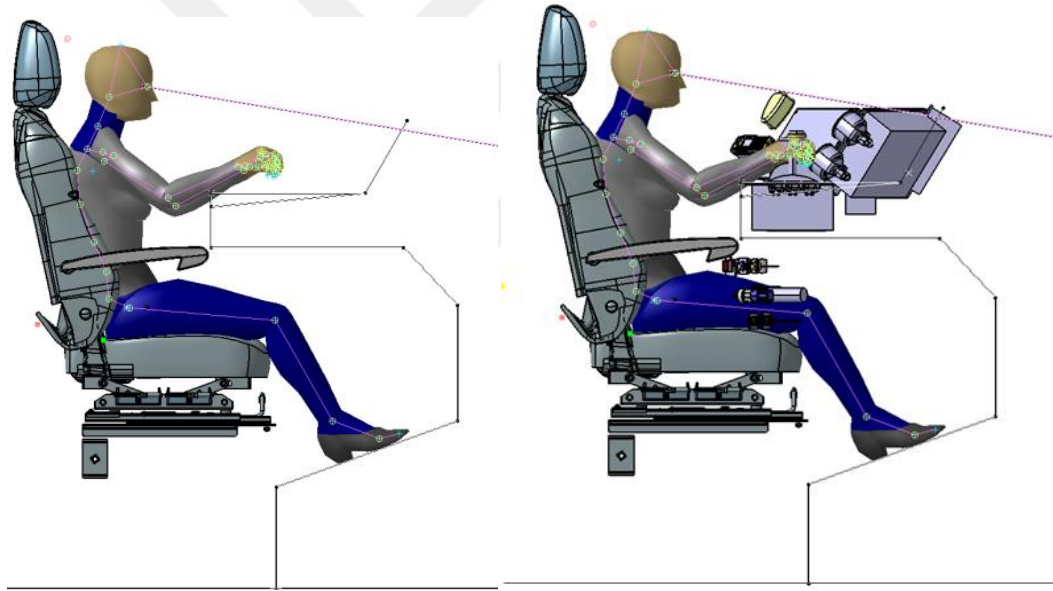
Masa üzerine yerleştirilmiş ekipmanlara baktığımızda 100 mm olarak oluşturduğumuz masa kalınlığının yetersiz olduğunu görmekteyiz. Minimum yeterli boşluk bırakılarak yapılan yerleşim çalışmasında masa kalınlığının minimum 140 mm olması gerektiği görülmüştür. Son durum Şekil 5.38’de gösterilmiştir.



Şekil 5.38 : Kontrol masası kontrollerin yerleşim durumu.

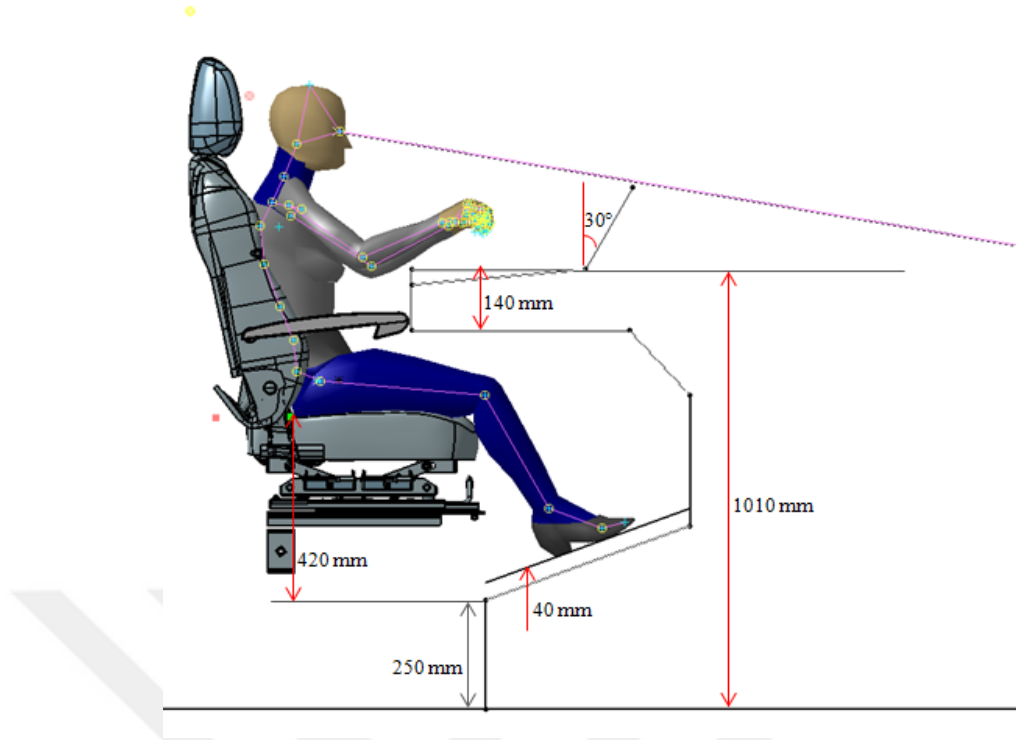
Masanın altı ile koltuk minderi arasında minimum 140 mm bulunduğu için masanın üst yüzeyinin yerden yüksekliği arttırılarak 970 mm'den 1010 mm'ye çıkarılmıştır. Ekranlar 30° açıyla durmaktadır. Yükselen masa yüzeyi ile birlikte kısa kullanıcının alçak sinyal görüşüne baktığımızda; sinyal görüşünü orta ekranın engellediğini görmekteyiz. Koltuk konumunu 40 mm aşağı aldığımızda sürücünün rahat kullanım pozisyonu olsa da sinyal görüşünü engellediği için uygun bir çözüm olmamaktadır.

5.2'de kısa kullanıcının SRP noktası 380 mm'de olduğunda tam olarak yüzeye basabildiğini gördük. Son durumda kısa sürücünün ön görüşü engellendiği için bu durumda sürücü koltuğunu yukarı kaldırmak zorunluluk olmuştur. Kullanıcının hem yukarıda oturup hem rahat basabilmesi için ayrıca bir çözüm oluşturulmalıdır. Şekil 5.39'da kontrol masa yüksekliğinin kısa sürücünün görüşünü etkilediği gösterilmektedir.



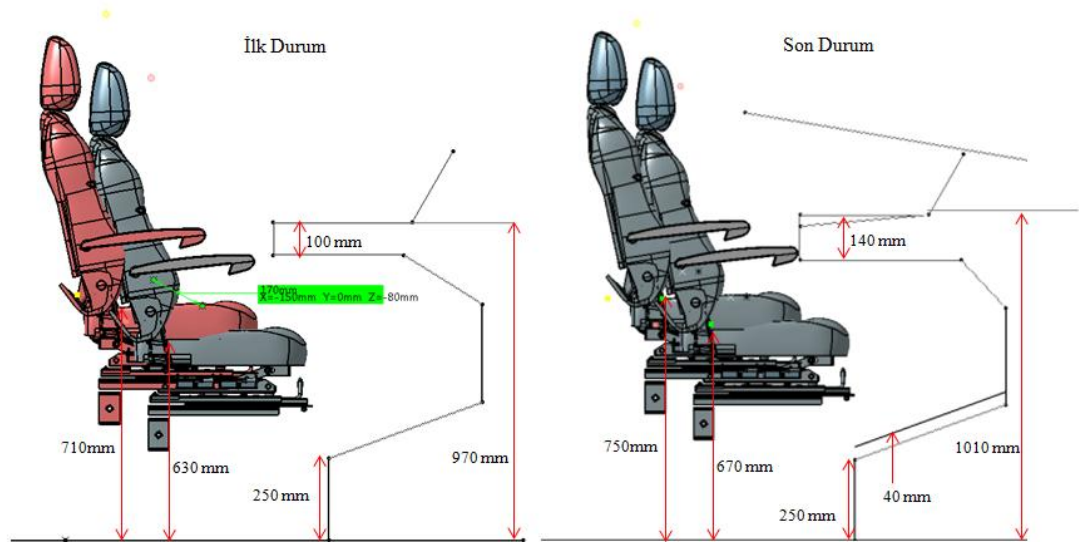
**Şekil 5.39 :** Kısa kullanıcının 1010 mm masa yüzey yüksekliğinde alçak sinyal görüş sınırı.

Çözüm olarak koltuk SRP noktası 420 mm'ye alınmış ve kısa kullanıcının uygun bir şekilde sürüşü sağlayabilmesi için yüksekliği ayarlanabilir ayak dayamanın zorunlu bir ihtiyaç olduğu görülmüştür. Son durum Şekil 5.41'de gösterildiği gibidir. Kırmızı ok ile gösterilen ölçüler son duruma göre belirlenmiş ölçülerdir. Bu durumda kullanıcı ekranı stil tasarımına göre 30°- 40° aralığında olabilecektir. Kontrol masasının yüksekliği optimum 1010 mm uygun olmaktadır.



**Şekil 5.40 :** Kısa kullanıcı ve kontrol masası yükseklik değerleri

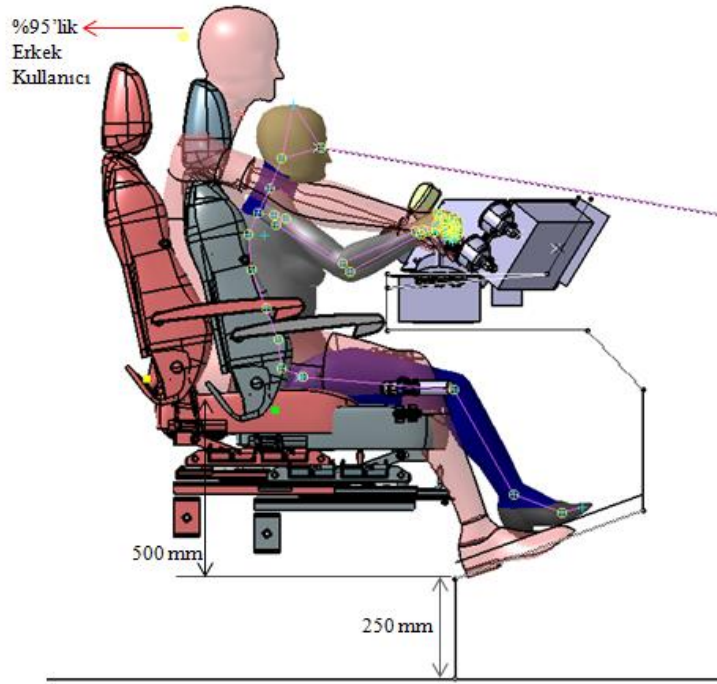
İlk 5.2’de oluşturulan kontrol masasının ölçüleri ile son durum karşılaştırılması Şekil5.41’de verilmiştir.



**Şekil 5.41 :** Kontrol masasının karşılaştırılması.

Koltuk 150 mm geri ; 80 mm yukarı alındığında uzun kullanıcının UIC 651’de tanımlanan kullanımı oluşturulmuştur. Bu kullanım şeklinde ayak direkt 250 mm

yükseklığe basmıştır. SRP noktası 500 mm olmuştur. Şekil 5.42’de oluşturulan kontrol masasına her iki kullanıcının oturma pozisyonu gösterilmiştir.



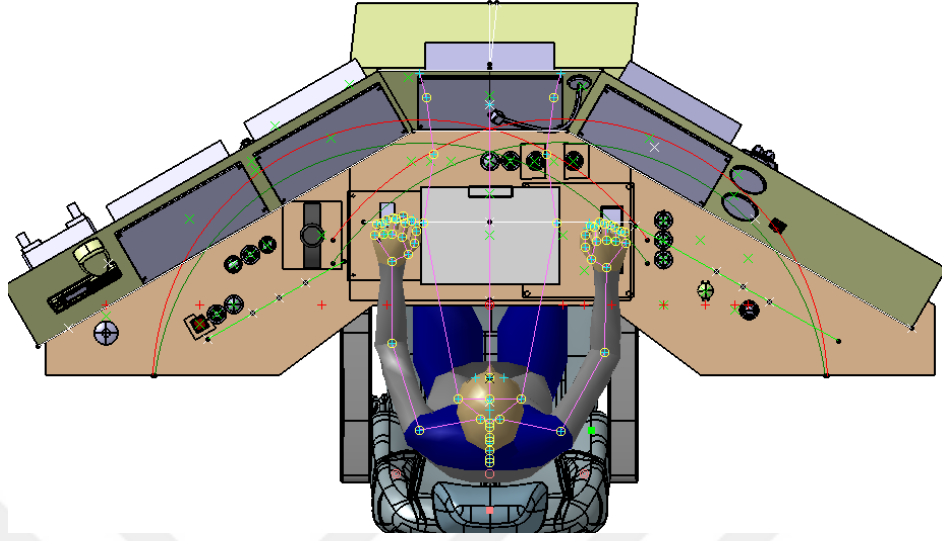
**Şekil 5.42 :** Oluşturulan son kontrol masa yapısı - kısa ve uzun kullanıcıların oturma pozisyonları.

#### 5.4 Kısa ve Uzun Kullanıcıya Ait Erişim Değerlendirmesi

El ile erişebilirlik değerlendirilirken üst kol, ön kol ve el uzunluk değerlerinin toplamı önemli olmaktadır. Çizelge 3.10’na baktığımızda %5’lik kadın sürücü için bu değerlerin toplamı 670 mm; Çizelge 3.12’ye baktığımızda %95’lik erkek sürücü için 795 mm’dir.

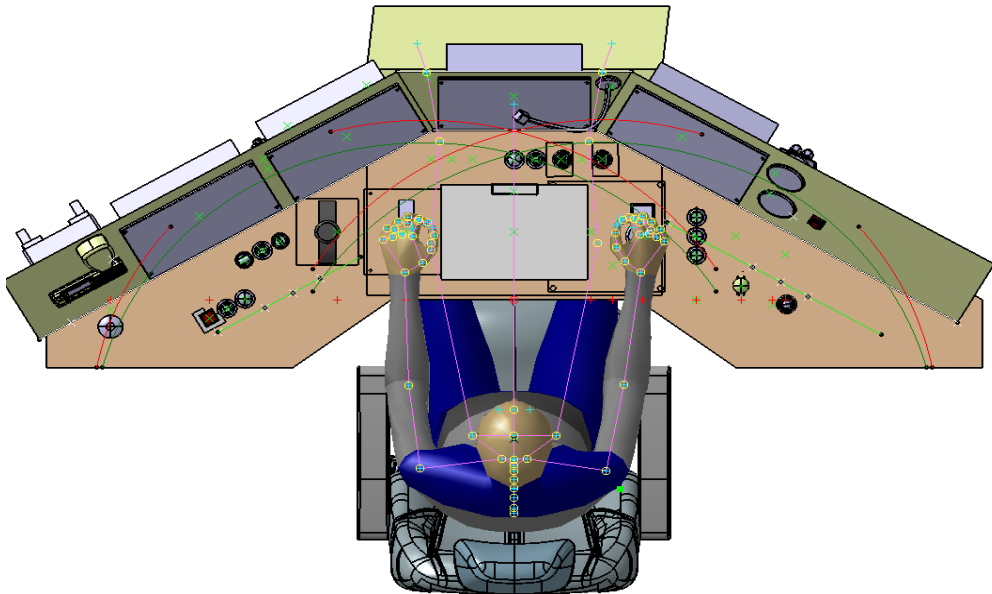
Şekil 5.43’de %5’lik kadın sürücünün erişim sınırları kontrol kolları ve düğmeler ile birlikte gösterilmiştir. El ile kavrama yapılan sınırı gösteren yeşil eğrinin en uzak noktasından omuz eklemi arasında ölçü aldığımızda 637 mm olduğunu görmekteyiz. Parmak erişimi için kırmızı eğrinin en uzak noktasından omuz eklemine ölçüm aldığımızda 685 mm uzaklık görünmektedir. Antropometrik ölçümlerden alınan değerlere göre %5’lik Türk kadınının omuz noktasından parmak ucuna olan uzunluk değeri 670 mm’dir. Parmak erişimi için çıkan 685 mm değeri ile arada 15 mm fark bulunmaktadır. Bu durum RAMSIS’de çıkarılan manikine ait parmak uzunluğunun daha fazla olmasından kaynaklanmaktadır. Tüm kontroller yeşil sınır içerisinde

kaldığı için erişim olarak problem yaşanmayacaktır. Karşılaşılan bu durum RAMSIS programında oluşturulan %95'lik erkek manikini de kontrol edilmiştir.



**Şekil 5.43 :** %5'lik kadın sürücünün erişim sınırları ve kontroller.

Şekil 5.44'de %95'lik erkek sürücünün erişim sınırları kontrol kolları ve düğmeler ile birlikte gösterilmiştir. Burada yeşil eğrinin en uzak noktası 777 mm; kırmızı eğrinin en uzak noktası 827 mm ölçülmüştür. Antropometrik verilerde %95'lik Türk erkeğinin omuz noktasından parmak ucuna olan uzunluk değeri 795 mm'dir. Parmak erişimi için çıkan 827 mm değeri ile arada 32 mm fark bulunmaktadır. Yeşil eğrinin en uzak noktasında tüm kontrollere erişim sağlandığı için bu durum uzun kullanıcı içinde problem oluşturmayacaktır.



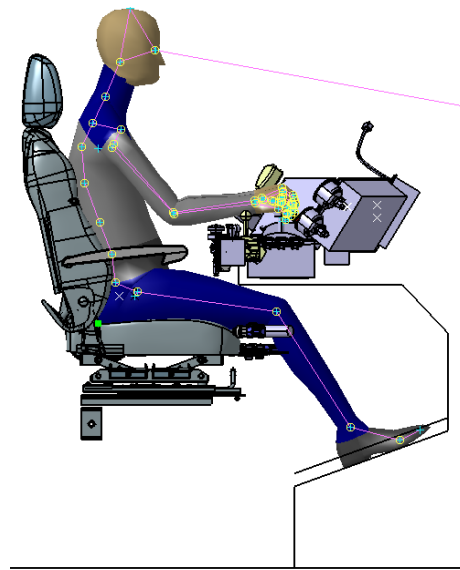
**Şekil 5.44 :** %95'lik erkek sürücünün erişim sınırları ve kontroller.

Sonuç olarak baktığımızda mevcut şartlar altında olabilecek ideal kontrol masası tasarım ölçüleri belirlenmiş olsada mekanik parçaların büyüklüğünden kaynaklı tam olarak rahat bir kullanım elde edilememektedir.

1.Kontrol kollarının masa yüzeyinden yüksek olması kısa kullanıcının dirseklerinin havada desteksiz kalmasına neden olmaktadır. Çözüm olarak ;

- Masa yüzeyi en az  $10^\circ$  açı ile konumlandırılabilir.
- Kontrol masasına entegre olabilecek; dirsek ve bileklere destek olacak farklı bir parça tasarımı yapılabilir.
- Kontrol kolları dikey olarak değil açılı konumlandırılabilir. Fakat bu çözüme, mevcutta kullanılan kontrol kolları uygun değildir.

2.Kontrol masasının kalınlığı bir problem olarak görülmüştür. Kontrol kollarının alt kısmının büyük olmasından dolayı masa kalınlığı minimum 140 mm olmaktadır. Bu durum uzun kullanıcıların dizi ile kontrol masası altında yeterli boşluğun olmasını engellemektedir. Aynı zamanda masa yüzeyine eğim verilmesinde sınırlamaktadır. Çünkü masa yüzeyine eğim verdiğimizde kontrol kollarının ön kısmı daha aşağıda kalmaktadır ve uzun kullanıcının diz bölgesine girmektedir. Çalışmada belirlenen ölçülere bakıldığında kontrol masası kısa kullanıcının görüşünden dolayı daha yukarı alınamamaktadır. Şekil 5.42’de ve Şekil 5.45’de bu durum net bir şekilde görülebilmektedir. Probleme en iyi çözüm kontrol kollarının ve alt kutusunun tasarımı değiştirilerek küçültülmesidir.



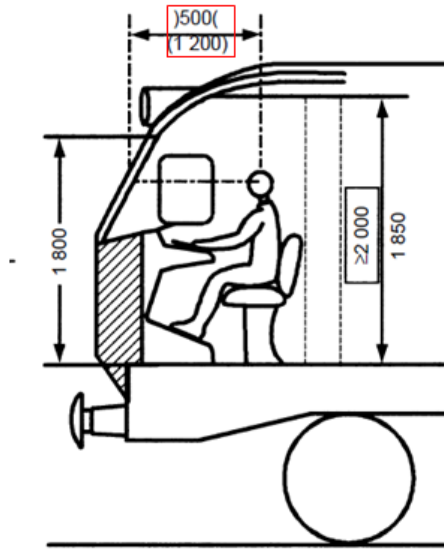
Şekil 5.45 : %95’lik erkek sürücünün kontrol masasıyla olan diz mesafesi.

## 5.5 Sürücülerin Yüksek ve Alçak Sinyal Görüşleri

Sinyal görülebilirlikleri ile ilgili standart kriterleri UIC 651 Ek-D kısmında belirtilmiştir. Sinyal görülebilirliğini; sürücünün göz noktasından sinyal noktasına kadar arada bulunan tüm parçalar etkilemektedir. Lokomotifte temel olarak özellikle dikkat edilmesi gereken parçalar aşağıdaki gibidir;

- Sürücünün sürüş pozisyonu: Kontrol masası ile sürüş konumu arasındaki mesafe, sürücü göz noktası ile ön cam arası mesafe; sürücü konumu ile aracın orta eksen arasındaki mesafe; bu mesafeler ne kadar az olursa o kadar iyi bir görüş alanı çıkarılmış olur.
- Kontrol masası: Kontrol masasının kabin zemininden yüksekliği, kontrol ekranlarının konumu ve açısı, kontrol masa yüzeyinin açısı
- Ön cam boyutu: Camda net görüşün sağlanacağı alan ne kadar fazlaysa o kadar iyi bir görüş sağlanır.
- Silecek konumları: Sileceklerin çalışmaz durumdaki konumları görüş alanlarına girmemelidir. Aynı zamanda görüş alanlarını tamamen silebilmelidir.

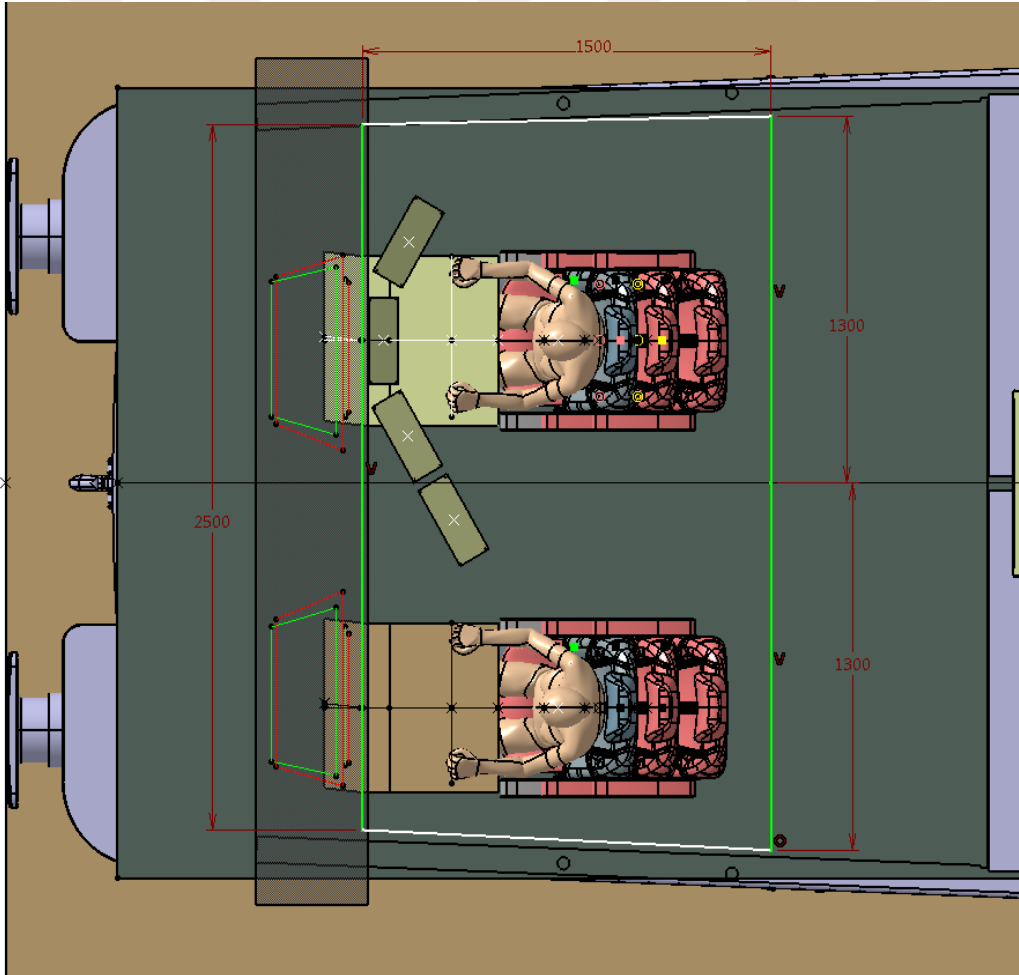
Burada en fazla etki eden sürücünün gözü ile ön cam arasında bırakılan mesafedir. Konumun belirlenebilmesi için UIC 651Ek-A'da belirtilen göz ile ön cam arasındaki maksimum mesafe (1200 mm) kullanılacaktır. Buna göre diğer kullanıcılarında ön cam – göz arası mesafeleri belirlenmiş olacaktır. UIC 651'de belirtilen cam ile sürücü gözü arasındaki mesafe Şekil 5.46'da gösterilmiştir.



Şekil 5.46 : UIC 651 Ek-A sürücü – ön cam arası minimum ve maksimum mesafe.

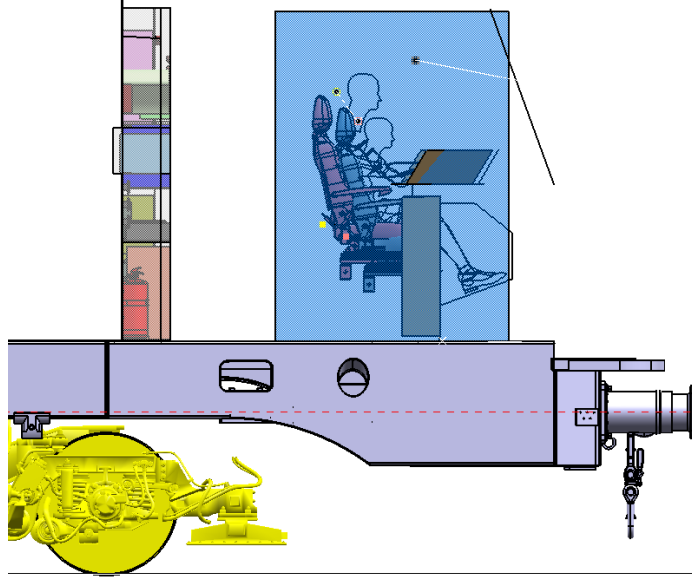
### 5.5.1 Sinyal görüşlerinin oluşturulması

TSI LOC&PAS dökümanında sinyal görüş alanları yalnızca sürücü için değil yardımcı sürücü içinde sağlanması gerektiği belirtilmektedir. Bu yüzden oluşturulan sürücü konumu ve masasının kabin içindeki konumuyla birlikte yardımcı sürücünün konumlarında belirlenmesi gerekmektedir. Aracın y ekseninde, her iki sürücü, mekanik yerleşimin izin verdiği şekilde, araç merkezine olabilecek en yakın konumda oturtulmalıdır. Aracın x ekseninde de ön cam ile en arkada sürüş yapabilen kullanıcının göz noktaları arasında maksimum 1200 mm olacak şekilde konumlandırılması gerekmektedir. %5'lik kadın sürücü ile %95'lik erkek sürücü konumları kontrol masasına göre yerleşimleri yapılmıştır. Şekil 5.47'de sürücü konumlarının üstten görünüşü görülmektedir.



Şekil 5.47 : Kabin içi sürücü konumları.

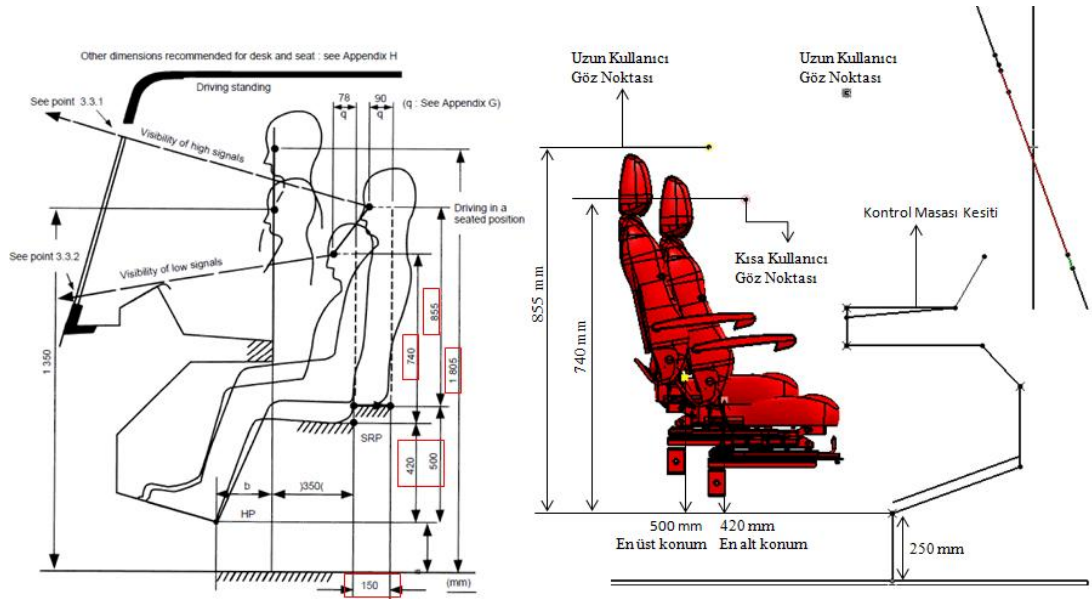
Şekil 5.48'de kabin içerisinde olması gereken minimum hacim ile birlikte sürücü konumları gösterilmiştir.



**Şekil 5.48 :** Sürücü kabini minimum hacmi ve sürücü konumları.

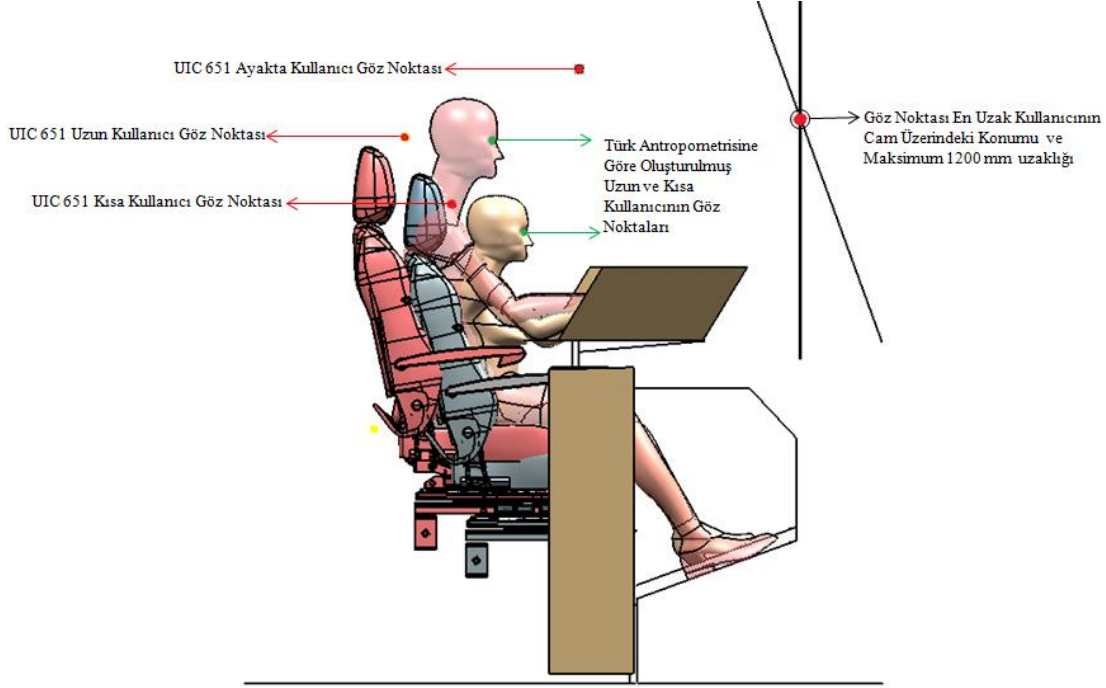
Sürücü ve yardımcı sürücü yerleşimi yapıldığında koltuk hareketlerine baktığımızda kabin için ayrılan minimum alan yeterli olmaktadır fakat sürücünün ayakta kullanımı için 1850 mm yükseklik yeterli olmamaktadır. Hacmin yüksekliği 1850mm'den 2200 mm'ye çıkarılmıştır.

Diğer taraftan UIC 651'de tanımlı olan uzun ve kısa kullanıcının göz noktaları, oluşturmuş olduğumuz kontrol masasının yapısı ve konumuna göre ayrıca belirtilmiştir. Şekil 5.49'da sürücü göz noktaları gösterilmektedir.



**Şekil 5.49 :** UIC 651 Ek-F1'e göre oluşturulmuş göz noktaları.

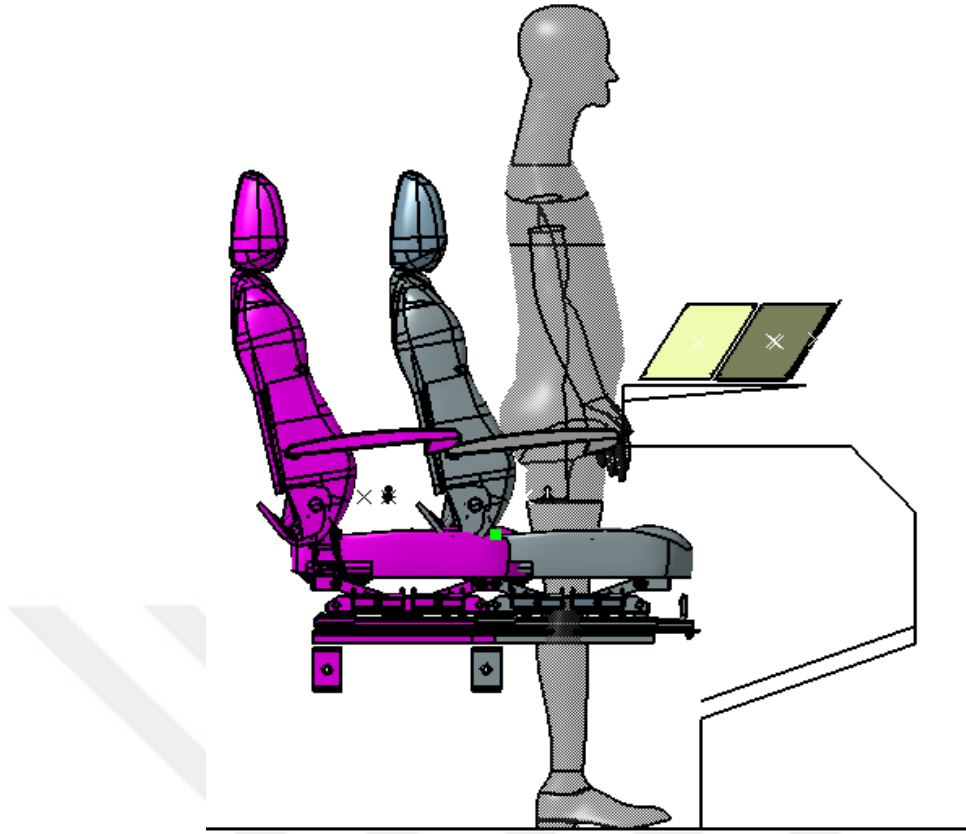
Çalışmada oluşturulan Türk antropometrik değerlerine göre uzun ve kısa kullanıcıların uygun sürüş konumundaki göz noktaları ile UIC 651’de verilen uzun ve kısa kullanıcıların göz noktalarını karşılaştırdığımızda UIC 651’deki göz noktalarının daha yukarıda ve geride kaldığını görmekteyiz. Karşılaştırma Şekil5.50’de gösterilmektedir.



**Şekil 5.50 :** Göz noktalarının karşılaştırması.

Bu durumda cam konumu UIC 651’de verilen göz noktaları referans alınarak konumlandırılmıştır. UIC 651 Ek-F1’de tanımlı oturur pozisyondaki uzun kullanıcının göz noktasından 1200 mm uzaklıkta iki farklı cam konumu belirlenmiştir. Birinci cam dikey olarak konumlandırılmış, ikinci cam ise 20° eğimli olarak konumlandırılmıştır. Böylece görüş alanlarının cam eğimi ile ilişkisi de incelenmiştir.

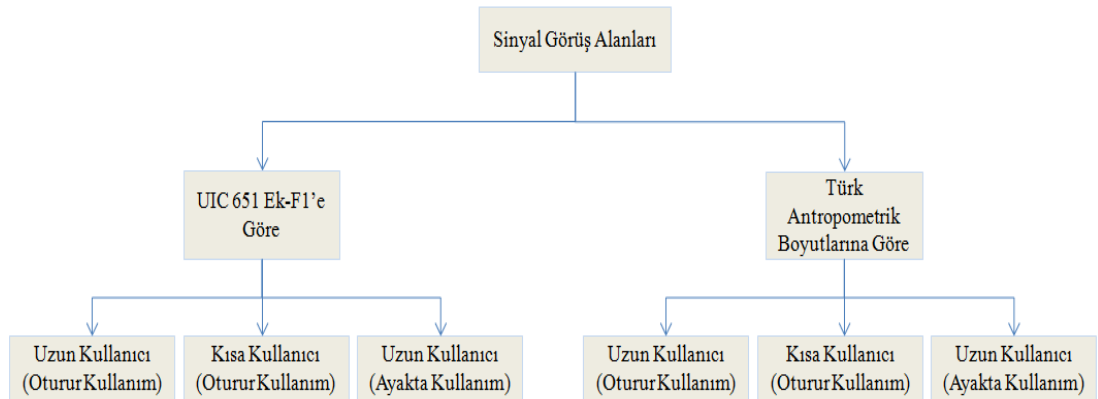
Şekil 5.50’den görüleceği gibi çalışmada eksik olan ayakta sürücünün olmamasıdır. Bu yüzden çalışmada ayrıca %95’lik erkek sürücünün ayakta konumu eklenerek göz noktası çıkarılmıştır. Şekil 5.51’de ayakta kullanıcının durumu gösterilmiştir. Ayrıca bu kullanımda sürücü koltuğunun en önden en geriye minimum ne kadar gitmesi gerektiği görülmüştür.



**Şekil 5.51 :** %95'lik erkek kullanıcının ayakta sürüş konumu.

Şekil 5.51'de görülen gri koltuk %5'lik kadın sürücünün oturur pozisyondaki koltuk konumunu; pembe ile gösterilen ayakta kullanımda koltuğun geriye alınmış pozisyonunu göstermektedir. İki koltuk arasındaki fark 350 mm'dir. Sonuç olarak koltuğun 350 mm geriye alınma gerekliliği çıkmıştır.

Şekil 5.52'de çıkarılan görüş alanlarının göz noktalarını gösteren şema verilmiştir.

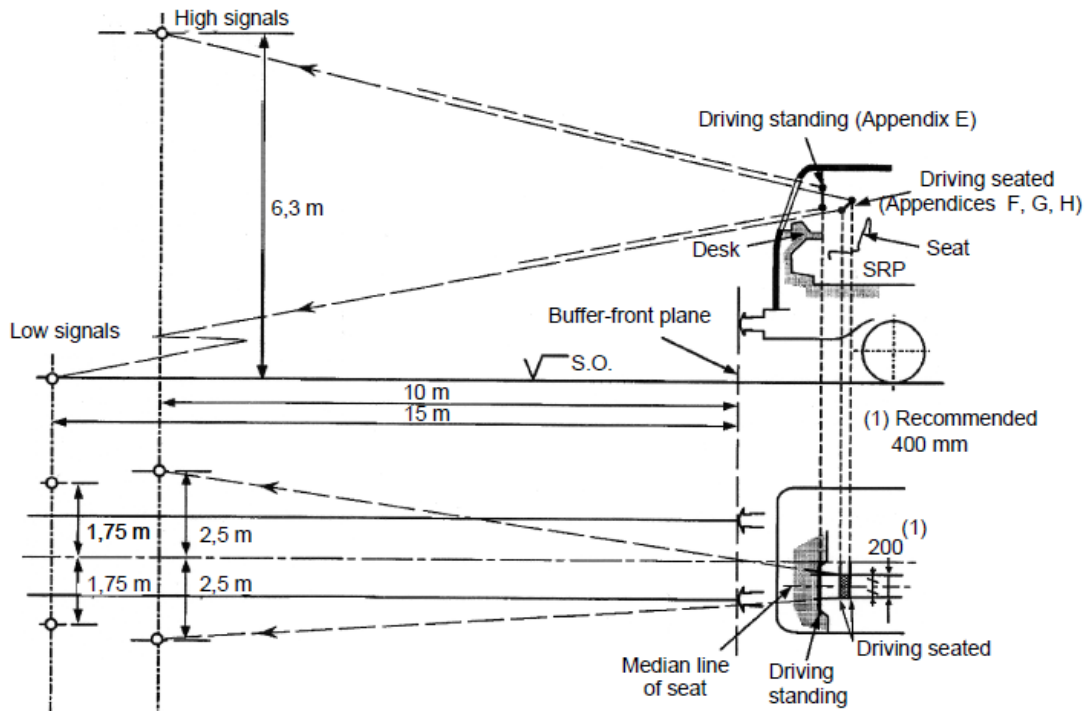


**Şekil 5.52 :** Lokomotif sinyal görüş alanları çıkarılmasında kullanılan göz noktaları.

İki farklı görüş alanı çıkarılmıştır.

1. Oluşturulan maniknlere göre çıkarılan görüş alanları:
  - Boji merkezi, ray üzeri, tampon sınırı, kabin zemini belirlenmiştir.
  - Göz noktaları, %5'lik kadın sürücü ve %95'lik erkek sürücü için oluşturulan manikin datasına ve oturma şekline göre konumlandırılmıştır.
  - Görüş alanları UIC 651 Appendix D'de belirtilen değerler ile oluşturulmuştur.
2. UIC 651 Ek-F1'e göre oluşturulan görüş alanları:
  - Boji merkezi, ray üzeri, tampon sınırı, kabin zemini belirlenmiştir.
  - Kontrol masası sınırı ve yapısı dikkate alınarak 'SRP' ler UIC 651 F1'de belirtildiği gibi konumlandırılmıştır
  - Görüş alanları UIC 651 Appendix D'de belirtilen değerler ile oluşturulmuştur.

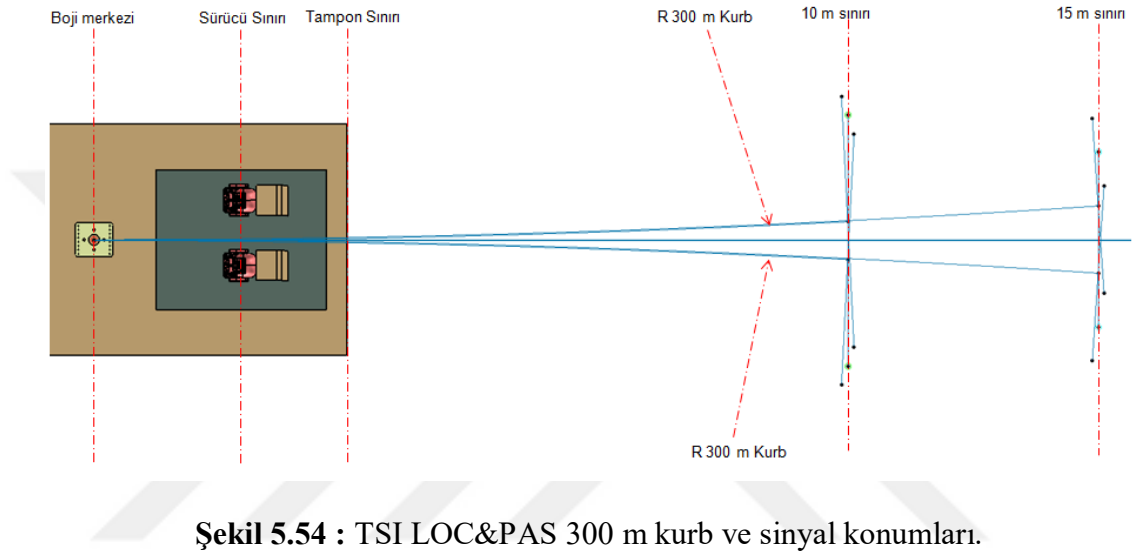
UIC 651 Ek- D Şekil 5.53'de verilmiştir.



Şekil 5.53 : UIC 651 Ek-D yüksek ve alçak sinyal görüşü.

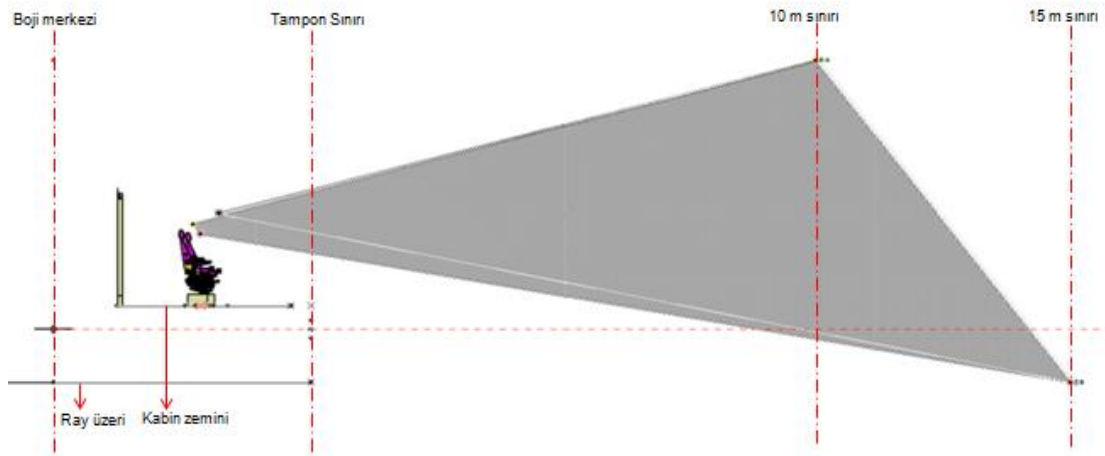
TSI LOC PAS; lokomotifin minimum 300 m yarıçapında bir kurbdan geçişi sırasında da sinyal görülebilirliğini sağlaması gerektiğini belirtmiştir. UIC 651 Ek-D de belirtilen sinyal konumları düz bir yola değil sağ veya sola dönen 300 m yarıçaplı yol için oluşturulmalıdır. Bu yüzden öncelikle temelde yolun şekli ve sinyal

konumları aracın yapısına göre çıkarılmıştır. Şekil 5.54’de oluşturulan sinyal konumları ve yol belirtilmiştir. Görüş alanları çıkarılması için oluşturulacak 300 m kurba sahip yolun dönüşü aracın boji merkezinden referans alınarak oluşturulmalıdır. Sonuç olarak, sağa ve sola dönen yolu temsil eden 300 m yarıçapa sahip iki adet eğri çıkarılmış olur. Bu iki eğri araç merkezine göre simetrik durmaktadır. Sinyal noktaları bu iki eğri konumuna göre konumlandırılarak görüş alanlarının tam olarak tanımlaması yapılmıştır.

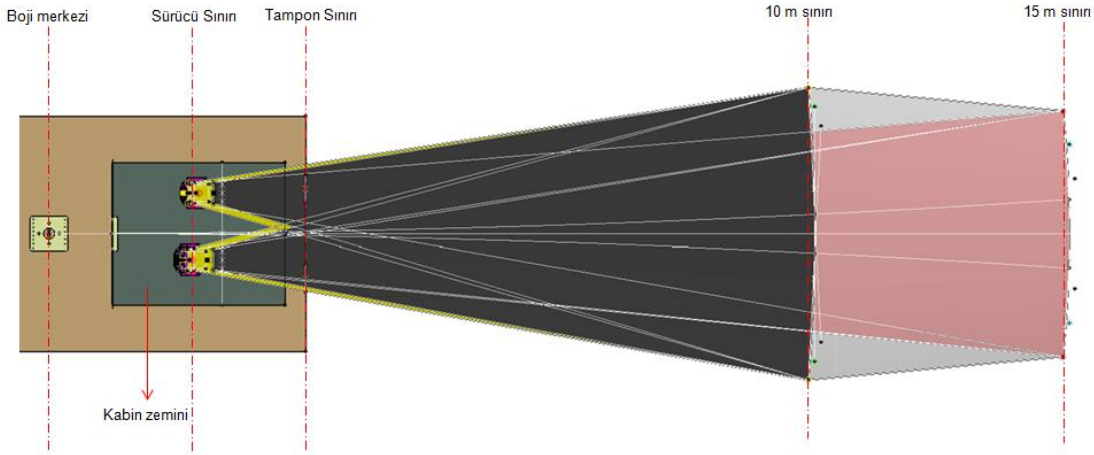


**Şekil 5.54 : TSI LOC&PAS 300 m kurb ve sinyal konumları.**

Böylece UIC 651’de tariflenen sinyal konumlarına ve görüş mesafesine göre sürücü görüş alanları Şekil 5.52’de bahsedilen her iki durum için çıkarılmıştır. Şekil 5.55’de çıkarılan hacimlerin yandan görünüşü, Şekil 5.56’da ise üstten görünüşü gösterilmiştir.

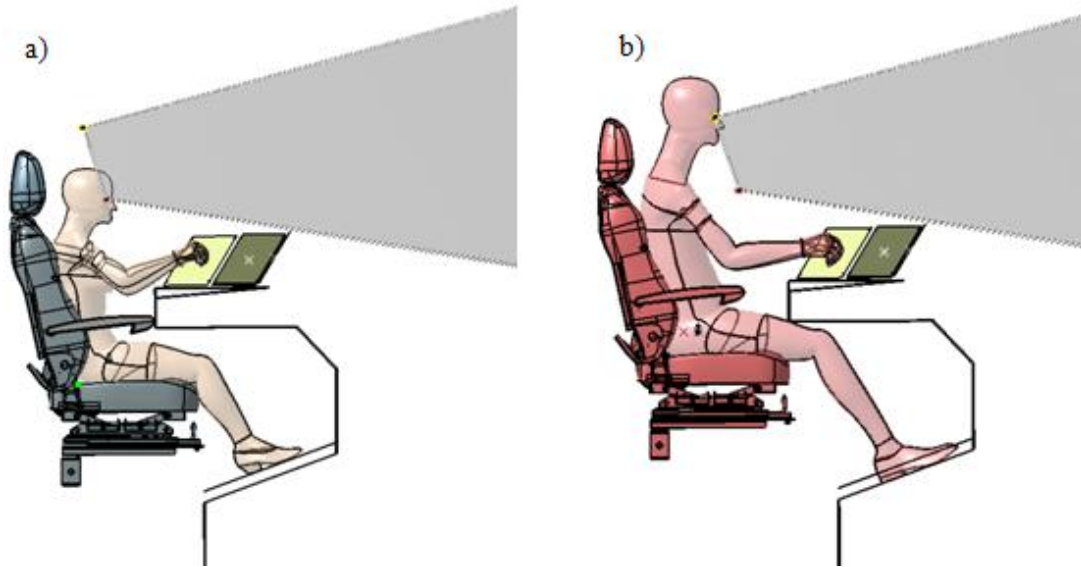


**Şekil 5.55 : Görüş alanlarının yandan görünüşü.**



**Şekil 5.56 :** Görüş alanlarının üstten görünüşü.

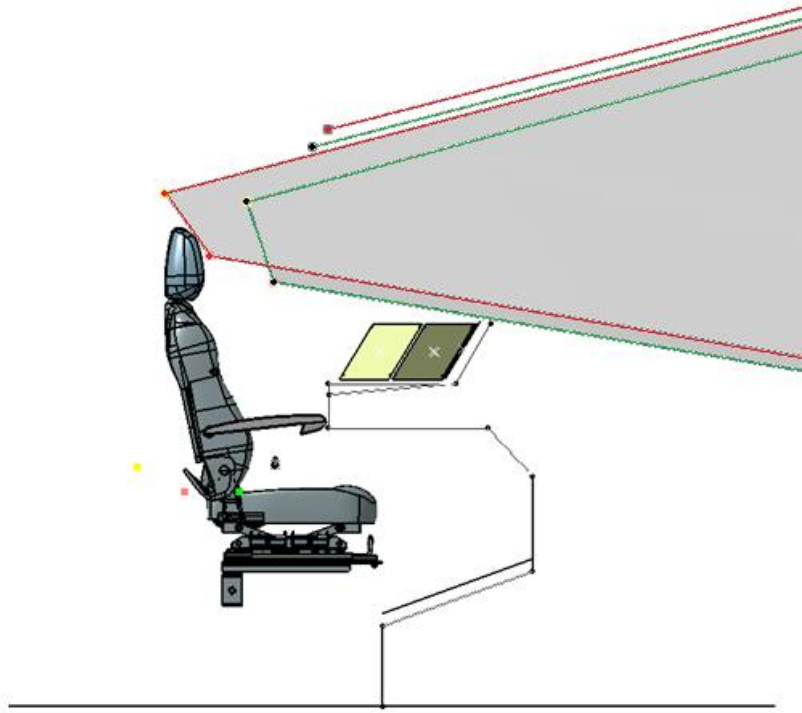
%5'lik kadın ve %95'lik erkek Türk antropometrik değerlerine göre oluşturulmuş sinyal görüş alanlarının kontrol masası ile durumu Şekil 5.57'de gösterilmiştir.



**Şekil 5.57 :** %5'lik kadın ve %95'lik erkek Türk antropometrik değerlerine göre oluşturulmuş sinyal görüş alanlarının kontrol masası ile durumu.

a) %5'lik kadın kullanıcı b) %95'lik erkek kullanıcı

Kontrol masasının yüksekliği, %5'lik kadın kullanıcının alçak sinyal görüş sınırına göre çıkarıldığı için kontrol masası ile bir problem görülmemiştir. Mevcut durum, UIC 651'de tariflenen kısa ve uzun kullanıcının göz noktalarına göre çıkarılan görüş alanları Şekil 5.58'de gösterilmiştir. Şekil 5.58'de gösterilen karşılaştırmada; standartta tanımlanan göz noktaları ile gerçeğe yakın sürüş konumundaki bir kullanıcının göz noktaları arasındaki konum farkı net olarak görülebilmektedir.



**Şekil 5.58 : Sinyal görüş alanları.**

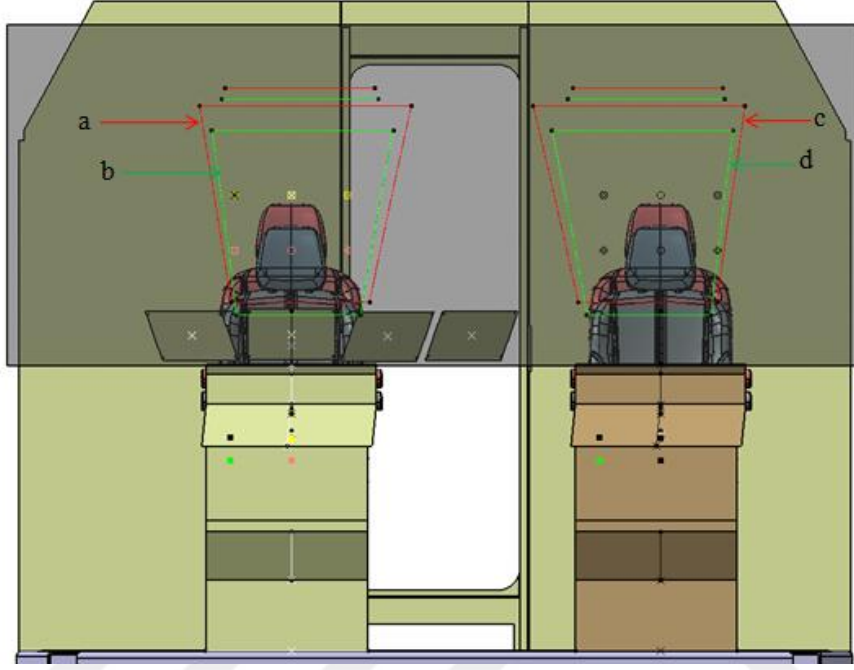
Yeşil çizgiyle sınırlı görülen alanlar Türk antropometrik verilerine göre oluşturulmuş en uzun ve en kısa sürücüye; kırmızı çizgiyle sınırlı görülen alanlar ise UIC 651’de verilen en uzun ve en kısa sürücüye ait görüş alanlarıdır.

Görüş alanlarını değerlendirdiğimiz zaman UIC 651’de verilen kısa kullanıcıya ait alt sinyal görüşü Türk antropometrik değerlerinde bulunan kısa kullanıcının alçak sinyal görüşünün üzerinde kalmaktadır. Bu durumda alçak sinyal görüşüne ait alt sınırın oluşturulmasında, Türk antropometrik verileriyle oluşturulan kısa kullanıcının boyutları referans alınmalıdır. Böylece sinyal görüşü daha iyi, daha fazla kullanıcının rahatlıkla kullanabileceği bir lokomotif kabini tasarlanmış olacaktır. Uzun kullanıcının yüksek sinyal görüş sınırını da UIC 651’de verilen antropometrik değerler oluşturmaktadır. Görüş alanlarında üst sınır için UIC 651’de verilen değerlerin kullanılması hem standartlara uygun bir tasarım hem de bölgeye uygun bir tasarım ortaya çıkarmış olacaktır.

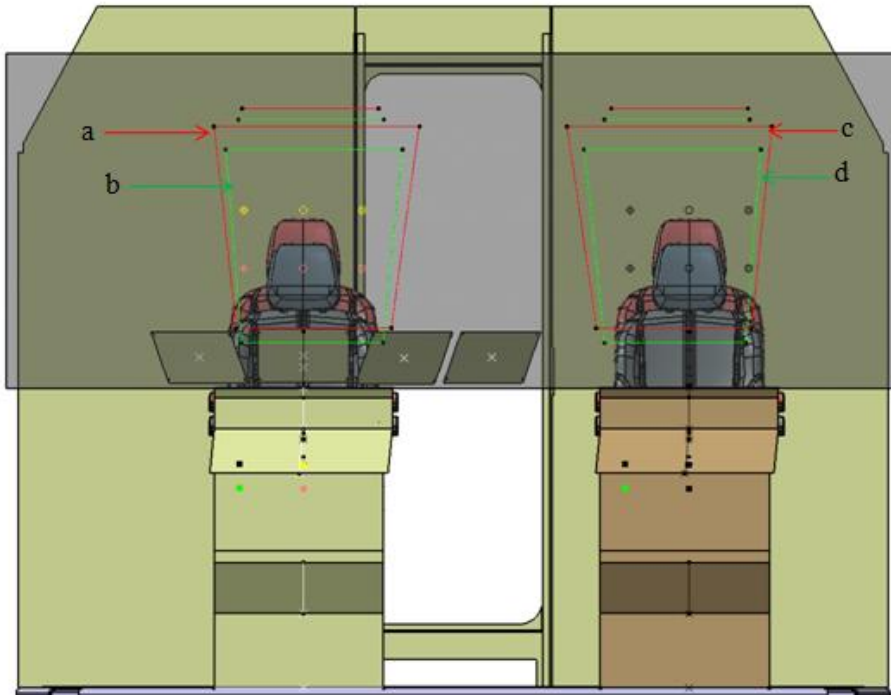
Göz noktalarına göre belirlenen ön cam konumu, iki farklı pozisyonu oluşturulan bu görüş alanlarıyla değerlendirilmiştir. Belirlenen 6 farklı göz noktasından cam ile arasındaki mesafenin en fazla olduğu göz noktası; UIC 651’de oturur pozisyondaki uzun kullanıcıdır ve 1200 mm’dir. En yakın göz noktası ise Türk antropometrik verileri ile oluşturulan %5’lik kadın sürücüye ait göz noktasıdır ve 800 mm’dir.

Duruma baktığımızda stil tasarımına ve mekanik parça yerleşimine göre cam en fazla sürücüyeye 300 mm daha yaklaşabilir. TSI LOC&PAS ve UIC 651’de sürücü göz noktası ile cam arasında en az 500 mm istenmektedir.

Referans olarak oluşturulan camlar üzerinde görüş alanlarının ne kadar alan kapladıkları Şekil 5.59 ve Şekil 5.60’da gösterilmektedir.



Şekil 5.59 : Dik cam üzerinde bulunan sürücü ve yardımcı sürücü görüş alanları



Şekil 5.60 : Eğimli cam üzerinde bulunan sürücü ve yardımcı sürücü görüş alanları

- a: UIC 651’de tanımlı oturur pozisyondaki sürücü görüş alanı
- b: Türk antropometrik boyutlarında oturur pozisyondaki sürücü görüş alanı
- c: UIC 651’de tanımlı oturur pozisyondaki yardımcı sürücü görüş alanı
- d: Türk antropometrik boyutlarında oturur pozisyondaki yardımcı sürücü görüş alanı
- Alan hesapları yapılarak aşağıdaki Çizelge 5.3’de gösterilmiştir.

**Çizelge 5.3 : Lokomotif ön cam alanlarının karşılaştırılması.**

|                             |   | Dik Cam              | 20° Eğimli Cam       |
|-----------------------------|---|----------------------|----------------------|
| Sürücü görüş alanı          | a | 0,424 m <sup>2</sup> | 0,438 m <sup>2</sup> |
|                             | b | 0,348 m <sup>2</sup> | 0,370 m <sup>2</sup> |
| Yardımcı sürücü görüş alanı | c | 0,424 m <sup>2</sup> | 0,438 m <sup>2</sup> |
|                             | d | 0,348 m <sup>2</sup> | 0,370 m <sup>2</sup> |

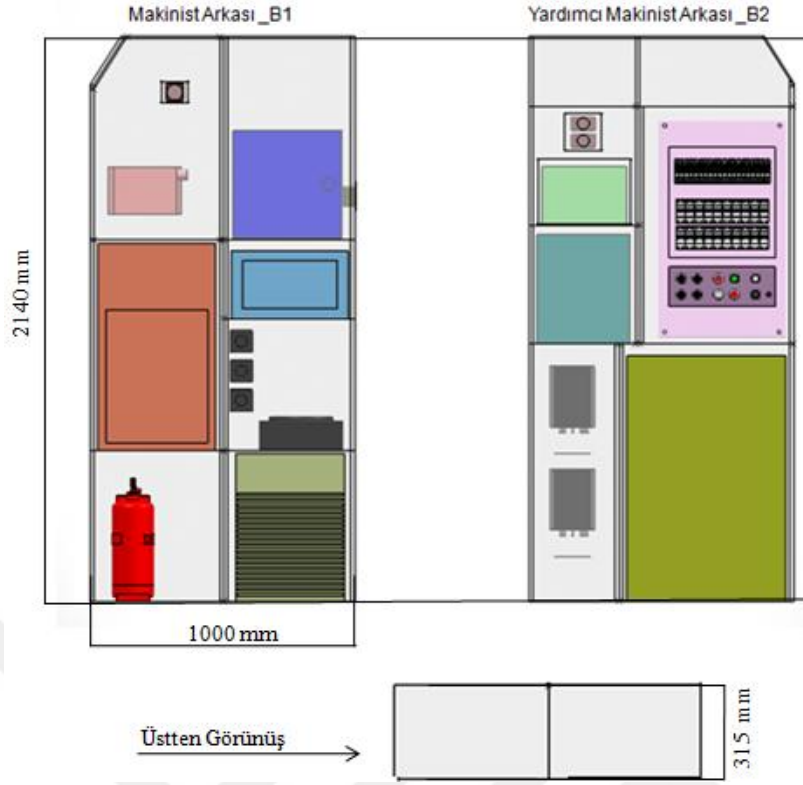
Her iki cam yüzeyinde bulunan görüş alanları karşılaştırıldığında; ne kadar eğimli cam tasarımına gidersek görüş alanları için daha fazla açık alana ihtiyacımız olacağını görmekteyiz.

## 5.6 Kabin İçi Depolama Alanları

Lokomotif ile yolculuk süreleri daha uzun olabilmektedir. Bu yüzden kabin içerisinde sürücüler; ihtiyaçlarını karşılayabileceği, aynı zamanda kişisel eşyalarını koyabilecekleri alanlara ihtiyaç duymaktadır. TSI LOC&PAS ve UIC standartlarında bu alanlar, gerekli alan hacimleri ve ihtiyaç duyulan komponentler belirtilmektedir. Lokomotif kabin tasarımı yapılırken bu alanın kabin içini ferah gösterecek, kolay kullanımı olacak şekilde tasarlanması gerekmektedir.

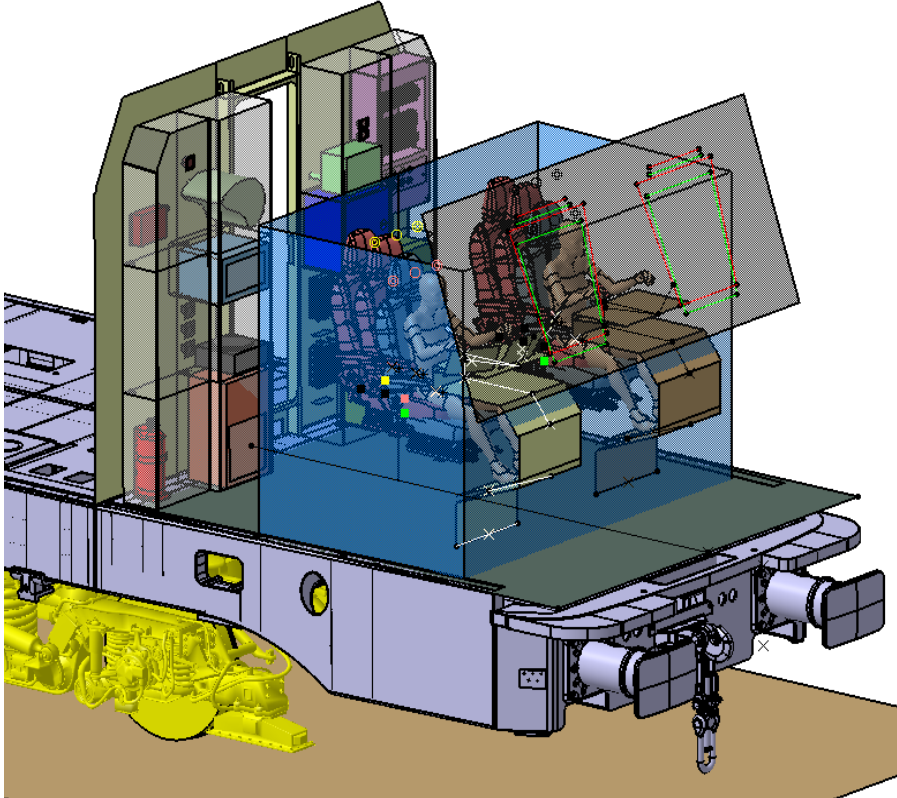
- İlk yardım çantası
- Koruyucu malzeme dolabı (gaz maskesi,gözlük,el feneri...vb.)
- Yangın söndürme tüpü (en az bir adet )
- Kişisel eşya dolabı
- Yiyecekler için soğutucu ve ısıtıcı

Bu ekipmanlar ve lokomotif elektronik sisteminin ayrıca bulunduğu öngörülen dolap hacmi Şekil 5.61’de gösterilmiştir.



Şekil 5.61 : Makinist arkası öngörülse dolap yerleşimi.

Kabin içi yerleşim durumu son olarak Şekil 5.62'deki gibidir.



Şekil 5.62 : Makinist kabin yerleşimi genel görünüşü-1.

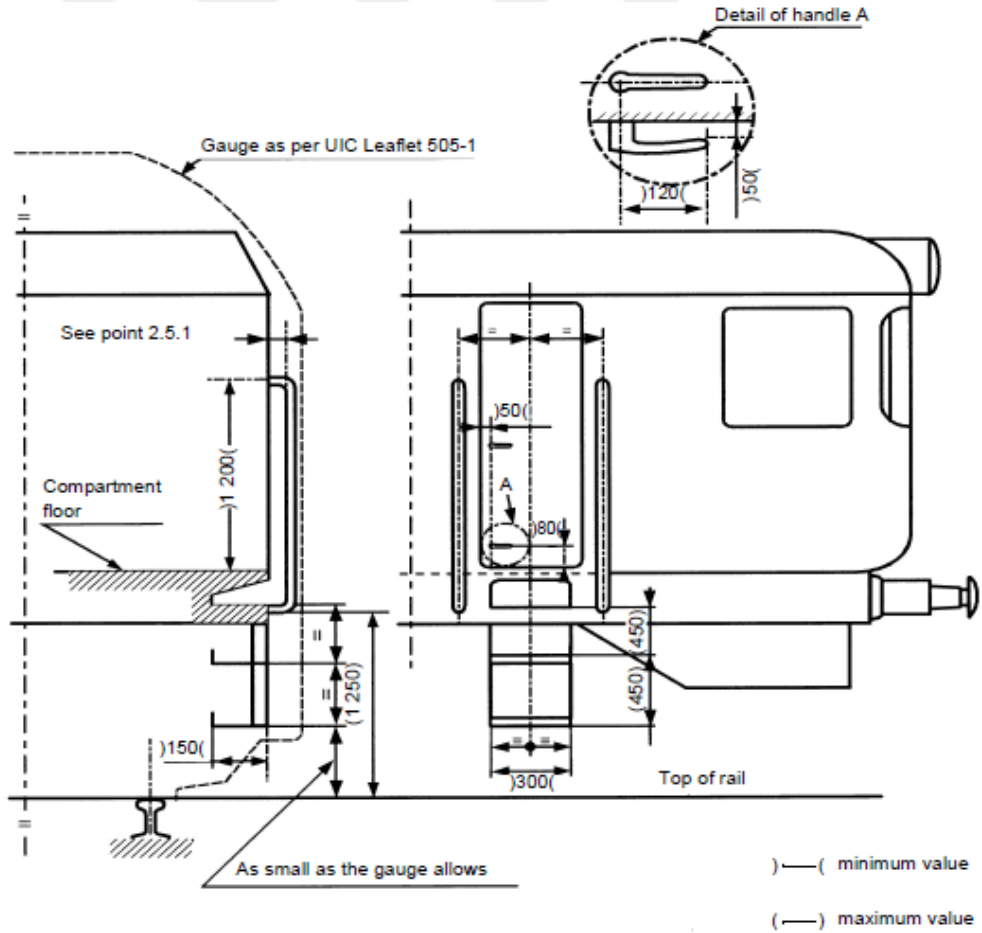
## 5.7 Kabin Giriş Çıkış Alanları

TSI LOC&PAS dökümanında kabin dış ve iç kapıları için minimum açıklık değeri belirtilmektedir. Bu yüzden minimum kapı açıklıkları regülasyonda verilen değerleri karşılamak zorundadır.

Dış kapılar için; kabin dış kapısına dışarıdan basamak kullanarak ulaşıyorsa minimum açıklık 1675x 500 mm; direkt yerden ulaşıyorsa 1750 x 500 mm olmalıdır.

Kabin içi kapı: 1700 x 430 mm net açıklık gerekmektedir.

Çalışmada öngörülen olarak oluşturulan lokomotif kabinine yerden basamak ile çıkılması gerekmektedir. Bunun için uygun basamak yükseklikleri de tanımlanmalıdır. Basamak yükseklikleri ile ilgili standart ölçüler UIC 651 Ek-B’de tanımlanmaktadır. Ayrıca kabin giriş çıkışı sırasında tutamaklara ait değerler de belirtilmiştir. Belirtilen bu ölçüler Şekil 5.63’de verilmektedir.

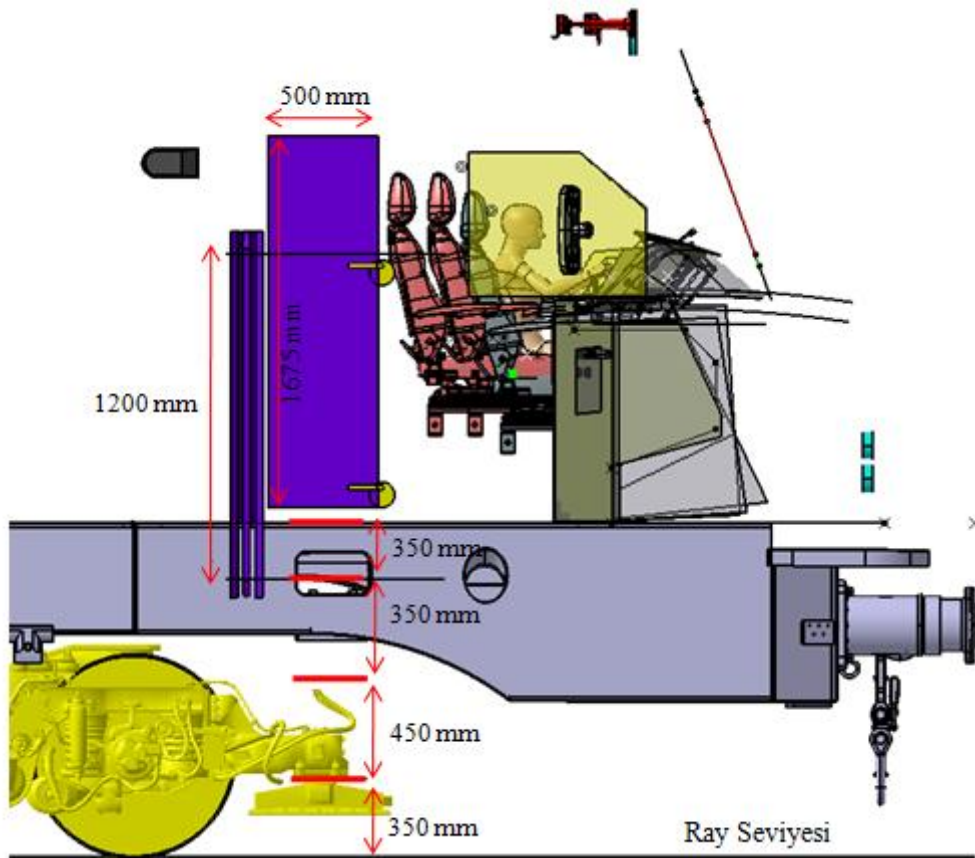


Şekil 5.63 : UIC 651 Ek-B basamak ve tutamaklar için tanımlı ölçüler.

Standartlara uygun olacak şekilde kabin kapıları, basamakları ve tutamakları için konum belirlemesi yapılmıştır. Kapı açıklığı 1675 x 500 mm, tutamak boyu 1200 mm'dir. Kabine erişim sağlayabilmek için 4 adet basamak tanımlanmıştır.

- 1.Basamak yüksekliği: 350 mm
- 2.Basamak yüksekliği: 450 mm
- 3.Basamak yüksekliği: 350 mm
- 4.Basamak yüksekliği: 350 mm olarak ayarlanmıştır.

Çalışma Şekil 5.64'de gösterilmektedir.

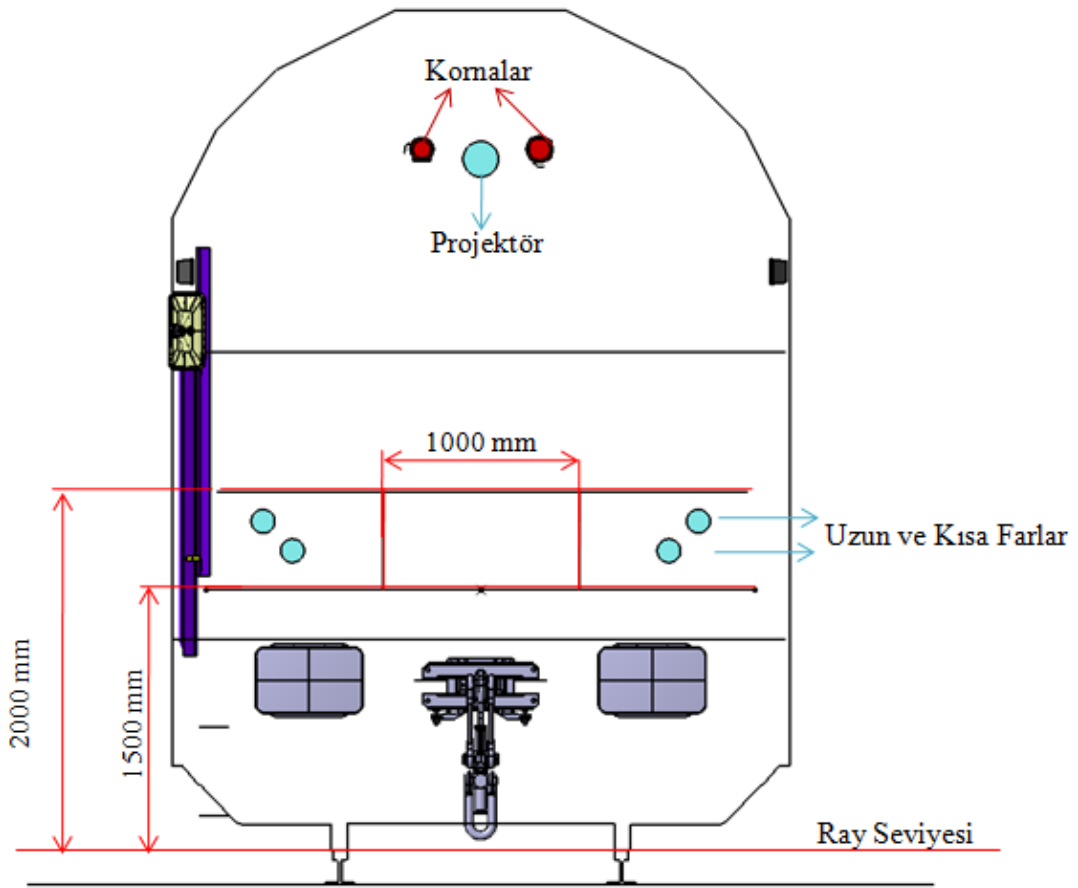


**Şekil 5.64 :** Lokomotif giriş-çıkış alanları ve konumları.

Tren sürücü kabin ergonomisi hakkında sürücülerle yapılan anket çalışmalarında yan ve arka görüşün dikkate alınması gerekliliği görülmüştür. Standartta yan cam zorunluluğu bulunmamaktadır. Fakat daha fazla görüş alanının sağlanabilmesi, daha ferah ve aydınlık bir kabin olması açısından tasarımda yan camın olması önem taşımaktadır. Bu yüzden yan ve arka görüşler için; 600 x 500 mm boyutlarında yan cam, yan ayna ve arka kamera yerleşimi yapılmıştır.

## 5.8 Lokomotif Dış Aydınlatmaları

Lokomotif dış aydınlatması gece sürüşlerinde sürücü görüş alanını ciddi anlamda etkilemektedir. Yeterli aydınlatması olan farların kullanılması gerekmektedir. Ne kadar yeterli bir aydınlatmaya sahip olan bir far kullanılmış olsa da farların konumlaması ayrı önem taşımaktadır. Farların yerleşimlerinin yapılabileceği uygun alanlar TSI LOC&PAS 4.2.7 maddesinde tariflenmiştir. Farlar ray seviyesinden 1500-2000 mm arası yükseklikte; simetrik olarak aralarından minimum 1000 mm olacak şekilde konumlanmalıdır. Standartta tariflenen alanlara göre çalışmada oluşturulan lokomotif tasarımına far yerleşimi yapılmıştır. Şekil 5.65’de far konumları tanımlanmıştır.



Şekil 5.65 : Lokomotif dış aydınlatma far konumları.

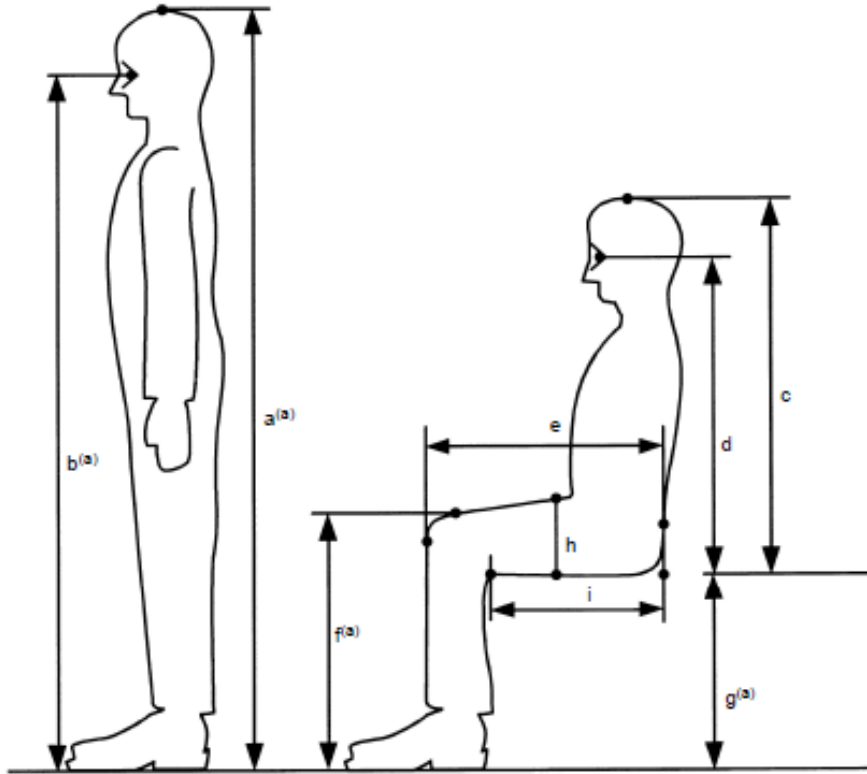


## 6. ÇALIŞMANIN UIC VE TSI STANDARTLARI İLE KARŞILAŞTIRILMASI

Çalışmada oluşturulan tüm ergonomik ve geometrik yerleşim değerlerinin, demiryolu standartlarında karşılıkları bulunmaktadır. Standartlara uygun bir tasarım yaptığımızda, standartlarda verilen değerler ile, Türk antropometrik değerlerinin karşılanıp karşılanmadığı, bu çalışmayla birlikte gösterilmiş olacaktır.

### 6.1 Kısa Ve Uzun Kullanıcıya Ait Antropometrik Ölçüler

UIC 651 Ek-E bölümünde; olası en uzun ve en kısa sürücülerin, ergonomi çalışmalarında dikkate alınması gereken antropometrik ölçüleri verilmektedir. Türk antropometrik verileri, E.Güleç(2006) , A.İşeri ve N.Arslan(2009) tarafından yapılan çalışmalar referans alınarak UIC 651 Ek-E'deki ölçülerle karşılaştırması yapılmıştır. Şekil 6.1'de karşılaştırılan antropometrik bölgeler gösterilmiştir.



Şekil 6.1 : Karşılaştırma yapılan antropometrik bölgeler.

Bu bölgelerin karşılaştırılması Çizelge 6.1’de verilmiştir.

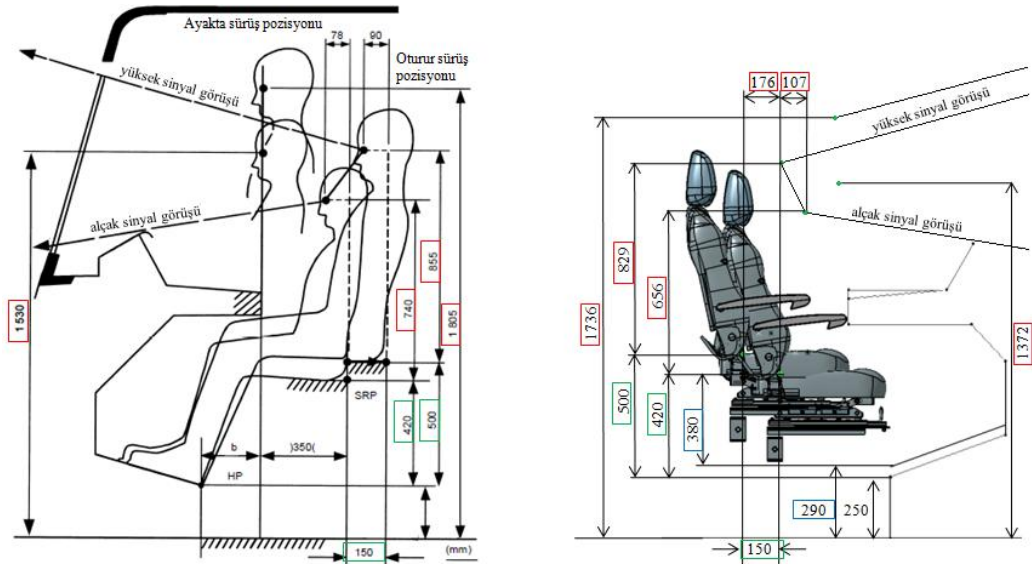
**Çizelge 6.1 : UIC 651 ve Türk antropometrik değerlerinin karşılaştırılması.**

|          |                              | a    | a*   | b*   | c   | d   | e   | f*  | g*  | h   | İ   |
|----------|------------------------------|------|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Minimum  | UIC Değerleri                | 1600 | 1630 | 1530 | 840 | 740 | 555 | 530 | 425 | 120 | 440 |
|          | Türk Antropometrik Değerleri | 1473 | -    | 1372 | 768 | 672 | 485 | 442 | 343 | 120 | 415 |
| Maksimum | UIC Değerleri                | 1900 | 1930 | 1805 | 980 | 855 | 660 | 635 | 505 | 180 | 520 |
|          | Türk Antropometrik Değerleri | 1860 | -    | 1736 | 967 | 865 | 632 | 589 | 469 | 185 | 513 |

Ergonomi çalışmasında en kısa kullanıcı, alt limitleri vermektedir. Çizelge 6.1’e baktığımızda Türk antropometrik değerlerinin alt limitler olduğunu görmekteyiz. En uzun kullanıcıya ait ölçüler de üst limitleri vermektedir. Maksimum ölçüler için UIC 651 Ek-E’de verilen değerlerin üst limitler olduğunu görmekteyiz. Yalnızca oturur pozisyonadaki göz yükseklik değerinin üst limiti, Türk antropometrik ölçüsüne göre alınmalıdır. Türkiye’de kullanılacak bir lokomotifin sürücü ergonomisine daha uygun bir tasarım için bu tablo verileri dikkate alınarak çalışılmalıdır.

## 6.2 Sürücü Konumu Ve Sürücü Sinyal Görüşü

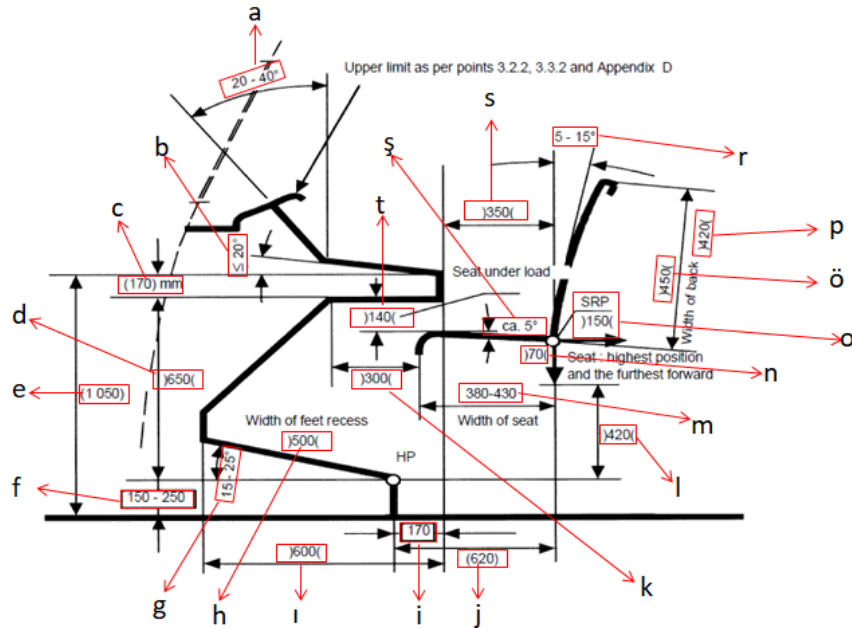
En kısa sürücünün ve en uzun sürücünün oturma pozisyonları, bu iki sürücüye ait göz noktası yükseklikleri, SRP ile göz noktası arasındaki uzaklık değerleri UIC 651 Ek-F’de tanımlanmaktadır. Çalışmada oluşturduğumuz manikinler ve bunlara ait ölçüler ile karşılaştırdığımızda göz yükseklikleri, SRP ile göz noktası arasındaki uzaklık değerlerinde farklar olduğu görülmektedir. Yüksek sinyal görüşünde uzun kullanıcının göz noktası yüksekliği önemlidir. Bu yüzden Türk antropometrisine göre oluşturulan uzun manikin göz noktası UIC 651 Ek-F ‘e göre aşağıda olması üst sinyal görüşüne olumsuz bir etki oluşturmayacaktır. Alçak sinyal görüşünde kısa kullanıcının göz noktasının yüksekliği önemli olmaktadır. Türk antropometrisine göre oluşturulan kısa kullanıcının göz noktasının yüksekliği UIC 651 Ek-F’ye göre daha aşağıda kalmaktadır. Bu durum alçak sinyal görüşünü etkilemektedir. Türkiye’de kullanılacak lokomotif için alçak sinyal görüşü oluşturulurken Türk antropometrik değerinin kullanılması gerekmektedir. Böylece daha iyi lokomotif tasarımı ortaya konmuş olacaktır. Karşılaştırmalar Şekil 6.2’de gösterilmiştir.



**Şekil 6.2 :** UIC 651 Ek-F1 ile çalışmada oluşturulan koltuk- göz nokta konumlarının karşılaştırılması.

### 6.3 Kontrol Masası Ölçüleri

Kontrol masasının ölçüleri UIC 651 Ek –H kısmında verilmektedir. Belirtilen ölçüler minimum, maksimum ve önerilen şeklinde verildiği için bazı değerler belirli aralıklarda kalmaktadır. Çalışmada bu ölçüler göz önünde bulundurulmuş ve daha belirli ölçü değerleri çıkarılmıştır. Karşılaştırmanın daha iyi görülebilmesi için UIC 651 Ek-H de verilen değerlere harflendirme yapılarak çizelge oluşturulmuştur. Şekil 6.3’de UIC 651 Ek-H’ de verilen ölçülendirme ve harflendirme verilmiştir.



**Şekil 6.3 :** Kontrol masası ölçülendirme ve harflendirmesi.

Çizelge 6.2’de verilen değerlerin karşılaştırılması yapılmıştır.

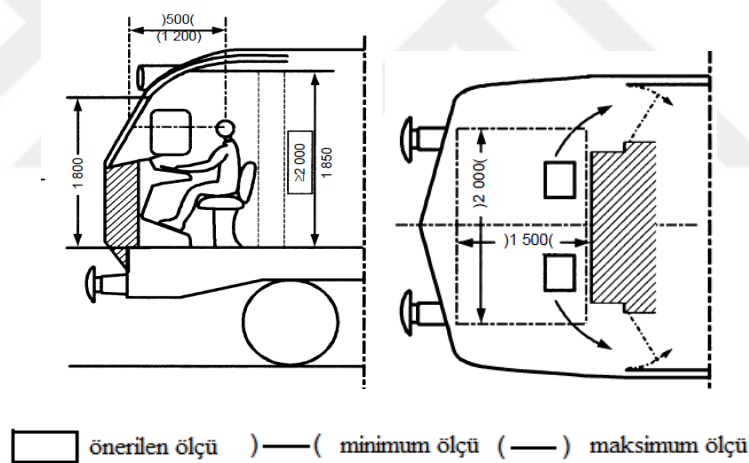
**Çizelge 6.2 : UIC 651 ve Ek-H çalışmada çıkarılan kontrol masasının karşılaştırılması.**

| Harf Tanımı | UIC 651 Tanımı                                      | UIC 651 Tanımlı Ölçüler | Çalışmada Çıkarılan Ölçüler |
|-------------|-----------------------------------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| a           | Ekran açısı                                         | 20°- 40°                | 30°-40°                     |
| b           | Desk açısı                                          | ≤ 20°                   | 0° -5°                      |
| c           | Desk kalınlığı                                      | (170) mm                | (140) mm                    |
| d           | Desk altı – Topuk noktası arası yükseklik           | )650( mm                | )620( mm                    |
| e           | Desk üstü – Kabin zemini arası yükseklik            | (1050) mm               | (1010) mm                   |
| f           | Topuk noktası – Kabin zemini arası yükseklik        | 150 – 250 mm            | 250 mm                      |
| g           | Ayak basma yüzey açısı                              | 15° - 25°               | 20°                         |
| h           | Ayak basma yüzey genişliği                          | )500( mm                | 500 mm                      |
| i           | Kontrol masasının toplam derinliği                  | )600( mm                | 640 mm                      |
| j           | Desk ucu – Topuk noktası arası mesafe               | 170 mm                  | 170 mm                      |
| k           | Topuk noktası –SRP arası mesafe                     | (620) mm                | 450 mm                      |
| l           | Desk alt derinliği - Koltuk minder ucu arası mesafe | )300( mm                | 350 mm                      |
| m           | SRP yüksekliği                                      | )420( mm                | 380-500 mm                  |
| n           | Koltuk derinliği                                    | 380 – 430 mm            | 465 mm                      |
| o           | Koltuk hareketi – aşağı                             | )70( mm                 | 80 mm                       |
| p           | Koltuk hareketi – geri                              | )150( mm                | 350 mm                      |
| ö           | Koltuk sırtlık yüksekliği                           | )450( mm                | 600 mm                      |
| ş           | Koltuk sırtlık genişliği                            | )420( mm                | 450 mm                      |
| r           | Koltuk sırtlık açısı                                | 5° - 15°                | 15°                         |
| s           | SRP – Desk ucu arası mesafe                         | )350( mm                | )280( mm                    |
| t           | Koltuk minder açısı                                 | 5°                      | 5°                          |
| ı           | Koltuk minderi – Desk altı yükseklik                | )140( mm                | )140( mm                    |

Çizelge 6.2'ye baktığımızda kısa kullanıcı tanımımızın 1473 mm olmasından dolayı d, l ve s ile belirlenen değerler UIC 651 Ek-H kısmında belirlenen değerlerin altında kalmıştır. Masa yüzeyinin yerden yükseklik değeri de maksimum 1010 mm olarak tanımlanabilir. Koltuk derinliği belirlenen 380-430 mm değerlerinin üzerindedir. 450-460 mm derinlikteki koltuğa sürücüler daha konforlu oturmaktadır. Çalışmada bazı değerler değişiklik göstermiş olsada genel olarak UIC ve TSI standartlarını sağlayabilmektedir.

#### 6.4 Kabin Hacmi

Sürücü kabin ölçüleri UIC 651 Ek-A kısmında verilmiştir. Çalışmada oluşturmuş olduğumuz data lar ergonomik kriterlere uygun şekilde optimum ölçülerde oluşturulmuştur. Dolayısıyla UIC 651'de verilen değerler çalışmamızda farklı değerler ile belirlenmiştir. Şekil 6.4'de UIC 651 Ek-A'da verilen değerler gösterilmiştir.



**Şekil 6.4 :** UIC 651 Ek-A'da tanımlanan sürücü kabin ölçüleri.

UIC 651'de verilen ölçüler ile oluşturulan data ölçüleri Çizelge 6.3'de verilmiştir.

**Çizelge 6.3 :** UIC 651 kabin ölçülerinin oluşturulan data ile karşılaştırılması

| Ölçü Tanımları            | UIC 651 Ek-A     | Çalışma Sonucu   |
|---------------------------|------------------|------------------|
| Kabin İçi Yükseklik       | Minimum 1850 mm  | Minimum 2150 mm  |
| Kabin İçi Genişlik        | Minimum 2000 mm  | Minimum 2600 mm  |
| Kabin İçi Derinlik        | Minimum 1500 mm  | Minimum 1500 mm  |
| Göz Noktası-Cam Mesafesi  | Minimum 500 mm   | Minimum 800 mm   |
| Minimum Ön Cam Yüksekliği | Maksimum 1200 mm | Maksimum 1200 mm |
|                           | Minimum 1800 mm  | Minimum 1950 mm  |



## 7. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Çalışmada, Türk antropometrik değerlerine uygun merkezi olmayan kontrol masalı ergonomik makinist kabini için temel tasarım dataları oluşturulmuştur. Türk antropometrisinin %5'lik kadın ve %95'lik erkek antropometrik ölçüleri, E.Güleç(2006), A.İleri ve N.Arslan(2009)'a Türkiye'de antropometrik verilerin çıkarıldığı deneysel çalışmalardan alınmıştır. Bu ölçü değerleri, sayısal olarak karşılaştırmanın yanında RAMSIS ve CATIA programlarında, ergonomi çalışmalarında model olarak kullanılan manikinlerin gerçekçi verilere göre oluşturulmasını sağlamıştır.

Çalışmanın temelini de oluşturan ilk karşılaştırma, antropometrik verilerin derlenmesiyle gerçekleşmiştir. Sürücü ergonomisi içindemiryolu standartlarında (UIC,TSI) en kısa sürücünün ve en uzun sürücünün tanımlandığı antropometrik ölçüler, Türk antropometrik ölçülerini karşılamamaktadır. Durumu boy uzunluğu olarak ele aldığımızda, UIC 651'de en uzun sürücün boy uzunluğu 1900 mm; en kısa sürücünün boy uzunluğu 1600 mm iken Türk antropometrisinde bu değerlerin, uzun sürücü için 1860 mm; kısa sürücü için 1473 mm olduğu görülmüştür. Buradan yola çıkılarak, tanımlanmış antropometrik veri aralığı Türk antropometrisine uygun olarak genişletilmiş ve ergonomi analizleri bu şekilde gerçekleştirmiştir.

Makinist ergonomi çalışmalarına, sürücü koltuğu ve oturuş pozisyonlarının belirlenmesiyle başlanmıştır. Makinistin rahat oturma şekli; koltuk minder genişliğinin 450 mm, derinliğinin 460 mm olduğu koltukta 15° sırt açısıyla sağlanmıştır. Bu değerlendirmede, lokomotif kullanım sırasındaki sırt açısı değerlerine göre makinistin göz noktalarının değişiklik gösterdiği görülmüştür. Çalışmada bu farklıklar değerlendirilmiştir.

Kontrol masasının ölçüleri UIC 651 referans alınarak oluşturulmuş ve makinistin uygun sürüş pozisyonundaki konumuna göre kontrol masası ölçüsel olarak optimize edilmiştir. Bu değerlendirme sonucunda; sinyal görüşlerini engellemeyecek şekilde kontrol masasının çalışma yüzeyinin en fazla 1010 mm; sürücü ekranlarının 30°-40° arasında olması gerekliliği çıkarılmıştır. %5'lik kadın sürücünün hem alçak sinyalleri

görebilmesi hem de rahat kullanımı için kontrol masa tasarımında sürücü ayak dayama yerinin kesinlikle ayarlanabilir olması gerekmektedir. El kontrollerinin kolları, masa yüzeyinden minimum 115 mm maksimum 130 mm yüksekte bulunduğu görülmüştür. Sürüş sırasında %5'lik kadın sürücünün ön kol kısmı desteklenmeden havada kalmaktadır. Bu nedenle özellikle %5'lik kadın sürücü tarafından bu kontrol kolları ile uzun süre konforlu bir sürüş sağlayamayacağı çıkarılmıştır. Aynı zamanda bu kontrol kollarının masa altındaki yerleşim derinliği sürücü ergonomisini etkileyecek derecede büyüktür. Kontrol masasının ve kontrol kollarının kesinlikle sürücü ergonomisine uygun şekilde yeniden tasarlanması gerekmektedir. Bu durum çalışmada daha detaylı olarak anlatılmıştır. UIC 612'de kontrol masası için tanımlanan ölçüler, ergonomi çalışmasında erişim sınırları ile kontrol edilmiş ve verilen değerlerin uygun olduğu görülmüştür.

Sinyal görüşleri için; UIC 651'deki ve Türkiye antropometrik ölçümlerinden alınan göz yükseklik değerleriyle, tanımlanan göz konumları, makinistin rahat sürüş pozisyonundaki göz konumları ile karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma sonucunda; antropometrik verilerden alınan ölçüler birebir kullanıldığı zaman gerçeği tam olarak yansıtmadığı görülmüştür. Öyleki, UIC 651'de tanımlanan göz yüksekliklerinin sürücünün tam dik durması ile verilen değerler olduğu görülmüştür. Sürüş sırasındaki göz yükseklikleri, antropometrik olarak belirtilen yüksekliklerin altında kalmaktadır. Alçak sinyal görüşlerinin görülebilirliğinin sağlanabilmesi için analizlerde bu durumun göz önüne alınması gerekmektedir. Yüksek ve alçak sinyal görüşlerinin çıkarılmasıyla birlikte rahat görüş sağlayacak ideal cam açıklık alanının hem sürücü hem yardımcı sürücü için 700x700 mm (en az 0,42 m<sup>2</sup>) olması gerekmektedir.

İdeal ön cam konumu; sürücü göz noktaları, sinyal görüş alanları ve kontrol masası büyüklüğü ile belirlenmiştir. Böylece ön cama en yakın sürücünün gözü ile ön cam arası mesafenin 800 mm, en uzak sürücünün gözü ile ön cam arası mesafenin optimum olarak 1200 mm'de olacağı çıkarılmıştır. Ek olarak ön camın üst sınır çizgisinin kabin zemininden minimum yükseklik değerinin 1985 mm olması gerekliliği belirtilmiştir.

Genel olarak baktığımızda, araç tasarımı yapılırken sürücü ergonomi çalışmalarında kesinlikle farklı popülasyonların ayrı ayrı antropometrik verilerinin değerlendirilmesi gerektiği orta çıkmıştır. Bu yüzden tasarımın nereye ve kime yapıldığının kesinlikle belirlenmesi gerekmektedir. Diğer taraftan tasarım sürecinde sürücü ergonomisi için

tanımlanan ölçülerin birebir kullanılmaması gerektiği, mümkünse deneysel olarak test edilmesi yada en azından bilgisayar ortamında analiz edilmesi gerekliliği görülmüştür. Diğer taraftan TSI ve UIC standartlarında belirtilen ergonomik konular ve değerlendirmeler uygulama açısından yetersizdir. Tanımlanan ölçülerin kendi içerisinde çeliştiği veya gerçeğe yansıtılamadığı görülmüştür. Ergonomik bir sürücü kabin tasarımı yapılması isteniyorsa bu dökümanlar yalnızca referans olarak kullanılmalıdırlar.





## KAYNAKLAR

- Akın,G.** Ekran Önü Çalışmalarında Ergonomi Ve Antropometri.
- Bhise, V.D.**(2012). *Ergonomics in the Automotive Design Process*,Taylor& Francis Group, LLC,International Standard Book Number-13: 978-1-4398-4211-9.
- Ciuffi,L.,Pascuzzi,V.,Pignato,P.,Maestrini,E.,Mignozzi,E.,Roattino,G.,Casini,G.** New Ergonomic Study of the railway driving cabins and comparison with the norm UIC 651,Florance,Italy.
- Güleç,E.**(2006).Anadolu İnsanın Antropometrik Boyutları, Ankara Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri,Ankara.
- İşeri,A.&Arslan,N.**(2009).Estimated anthropometric measurements of Turkish adults and effects of age and geographical regions. Fatih University,İstanbul
- Jenkins,D.P.,Baker,L.M.,Harvey,C** (2014). A practical approach to glare assessment for train cabs,Hitachi Rail Europe, London,UK.
- Li,Y.**(2016). On Human Factors in the Design of Locomotive Cab: An Investigation on Driver's Cognitive and Behavioral Characteristics,*2nd Asia-Pacific Management and Engineering Conference (APME 2016)*
- Nikolaidis,K.**(2012).Signal Visibility Assessment, Utilising Simulated Rolling Stock Cabs Along With 2D/3D Cad Models And Software, *ASPECT,2012*,Institution of Railway SignalEngineers
- Park,C.,Choi,D.,Kwak,S**(2015).Layout of Drivers' Cab in Asian Rail Vehicle,*International Railway Safety Council, Johannesburg, South Africa*
- SAE** (2008).*Positioning the H-Point Design Tool—Seating Reference Point and Seat Track Length*(SAE J 4004)
- SAE** (1995).Devices For Use In Defining And Measuring Vehicle Seating Accommodation( SAE J 826)
- Sen,R.N.& Ganguli A.K.**(1982). An Ergonomic Analysis Of Railway Locomotive Driver Functions In India, *Ergonomics Laboratory,Department of Physiology University of Calcutta,India*
- Stevenson,M.G.,Coleman,N.,Long,A.F., Williamson,A.M.** (2000).Assessment, re-design and evaluation of changes to the driver's cabin a suburban electric train, Australia
- TS EN**(2016).*Demiryolu uygulamaları - Mastarlar - Bölüm 2: Çeken ve çekilen araç mastarları* (TS EN 15273)

- TSI** (2014).*Concerning a technical specification for interoperability relating to the 'rolling stock —Locomotives and passenger rolling stock' subsystem of the rail system in the European Union*(TSI Loc&Pas)
- UIC** (2002).*Layout of driver's cabs in locomotives, railcars, multiple unit trains and driving trailers* (UIC CODE 651 OR)
- UIC** (2009).Driver Machine Interfaces for EMU /DMU, Locomotives and driving coaches- Functional and system requirements associated with harmonised Driver Machine Interfaces
- Weide,R., Frieling,H.,Malle,F., Miglianico,D.**(2012). Amsterdam Metro Cab: Ergonomics In The Design, Verification And Validation Process
- Žnidarič,M.,Jenček,P.Kolenc,J.**(2000). Ergonomic Analysis Of Train Driver Workplace On Train Ics Pendolino Series 310,Slovenia



## ÖZGEÇMİŞ



**Ad-Soyad** : Hilal Arıkan Kelasovalı

**Doğum Tarihi ve Yeri** : 17.07.1987

**E-posta** : arikan.hill@gmail.com

### ÖĞRENİM DURUMU:

- **Lisans** : 2011, Yıldız Teknik Üniversitesi, Kimya-Metalurji Fakültesi, Metalurji ve Malzeme Mühendisliği

### MESLEKİ DENEYİM VE ÖDÜLLER:

- 2013- Halen çalışmakta, Kıdemli Tasarım Mühendisi, Geometrik Entegrasyon ve Ergonomi Ekibi, Hexagon Studio Mühendislik
- 2011 -2013 yılları arasında Tasarım Mühendisi,