

Projektovanje vozila sa stanovišta **ergonomije**

Komitet pri SAE se bavi problematikom prostora za putnike doneo je niz standarda (neki od ovih standarda su: J1516, J1517, J941, J1052, J287 i J4004) dostupnih u priručniku *SAE Handbook* (SAE, 2009.), a u cilju povećanja preciznosti predviđanja ključnih dimenzija potrebnih za projektovanje i razvoj putničkog prostora. Ovi standardi su razvijeni i zasnovani na podacima antropometrijskih merenja velikog broja vozača smeštenih u vozačka sedišta postojećih vozila.

Konstrukcioni parametri sedišta povezani sa smeštanjem vozača

- Visina sedišta (**H30**)

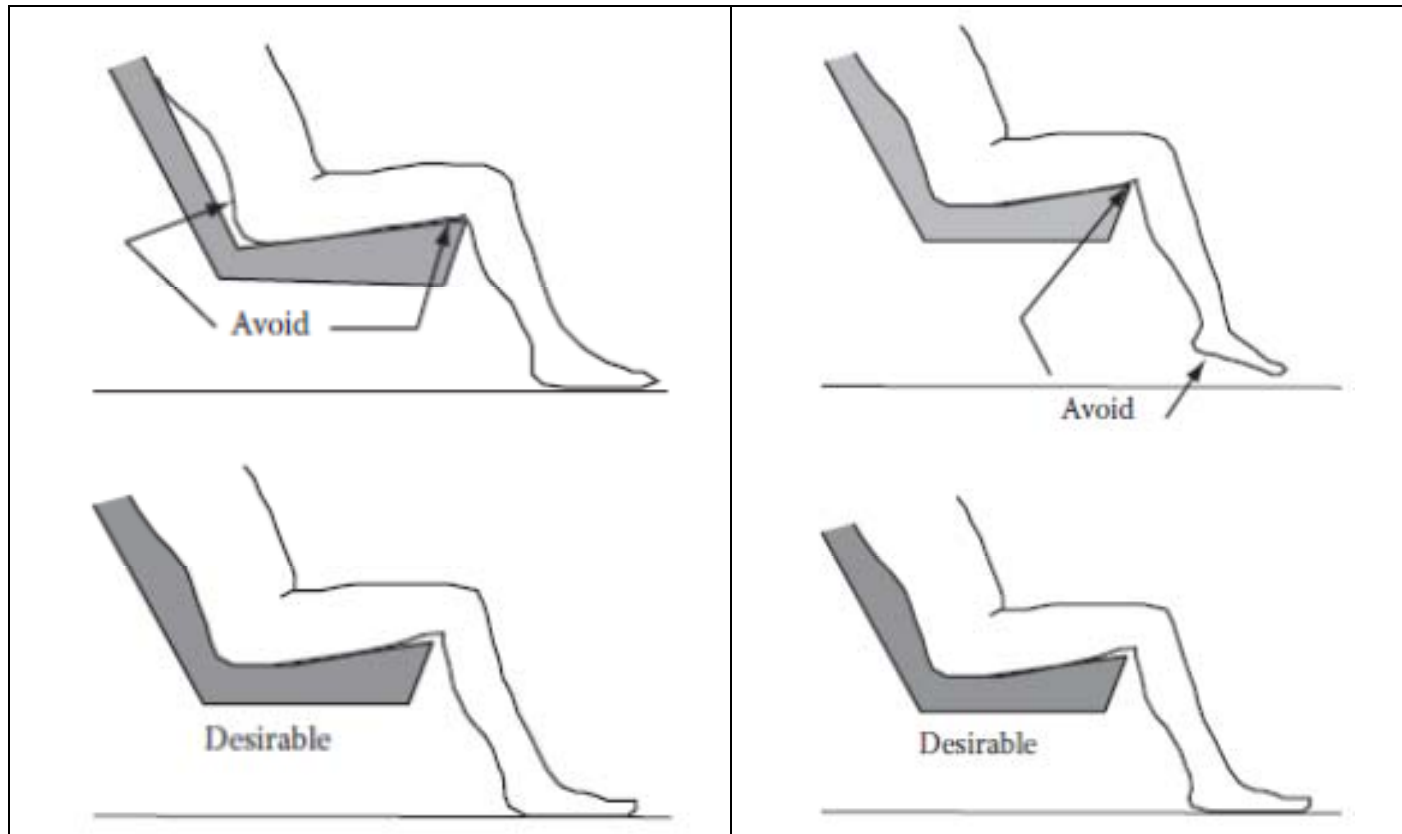
Definiše se kao vertikalno rastojanje između referentne tačke sedenja i najniže tačke komande „gasa“.

Tipične vrednosti za veličinu H30:

- Niska vozila (npr. sportski automobili): **150 - 250 mm**;
- Teška teretna vozila: više od **405 mm**;
- **Sedalni deo sedišta ne treba da bude viši od 320 mm.**
- Zbog manjka prostora za smeštaj vozača u podužnom pravcu **kod teretnih vozila**, visina sedalnog dela je povećana i naslon sedišta je pod uglom od oko **12 - 18°** u odnosu na vertikalnu ravan.
- **Kod sportskih vozila**, gde je visina sedalnog dela manja, naslon se postavlja pod nešto većim uglom od oko **22 - 28°** u odnosu na vertikalnu ravan.

- **Dužina sedalnog dela**

Sedalni deo ne treba biti duži od rastojanja između zadnjice i potkolenice vozača.



- Preporučena vrednost je **oko 440 mm**.
- Podesiva dužina sedalnog dela omogućuje povoljniji smeštaj većeg procenta vozača.

- **Ugao nagiba sedalnog dela sedišta**

Sedalni deo treba biti nagnut „ka nazad“ za oko **5 - 15°**.

- Podesivi nagib sedalnog dela omogućuje lakše pronalaženje odgovarajućeg položaja vozača.

- **Širina sedišta**

- Preporučuje se da širina sedišta bude oko **432 mm**.
- Preporučuje se širina sedišta u predelu kukova od **500 - 525 mm**.

- **Ugao naslona sedišta (A40)**

- Vozači **putničkih** vozila uglavnom preferiraju ugao naslona sedišta oko **20 - 26°**, dok vozači **teretnih** vozila sede uspravnije - ugao naslona sedišta oko **12 - 18°**.

- **Visina naslona sedišta**

- Preporučuje se maksimalna visina od **oko 509 mm**.

- **Bočna pozicija sedišta (W20-1)**

Definiše se kao bočno rastojanje između podužne ose vozila i referentne tačke položaja sedenja vozača. Sedište treba biti postavljeno tako da vozač ima dovoljno prostora u predelu laktova i ramena u odnosu na unutrašnju oplatu vozačevih vrata.

- **Dužina šina za podužno pomeranje sedišta**

- Preporučuje se dužina **oko 240 mm** (SAE J4004), kako bi se obezbedio komforan smeštaj za veliku većinu vozača.

NAPOMENA: Veliki broj trodimenzionalnih digitalnih modela ljudi je dostupan u cilju pomoći inženjerima tokom projektovanja vozačevog sedišta.

Parametri relevantni za ergonomiju enterijera vozila

Enterijer vozila je predstavljen pomoću **crteža** i **trodimenzionalnih grafičkih prikaza uključujući i položaj putnika**. Na ovaj način su definisane **ključne referentne tačke**, kao što su npr. **AHP** (najniža tačka komande „gasa“) i **SqRP** (referentna tačka sedenja SAE J4002).

Pri projektovanju enterijera vozila neophodno je voditi računa o sledećim zahtevima:

- Prostor za neometan ulaz i izlaz iz vozila;
- Komforan položaj sedenja;
- Položaj ručnih i nožnih komandi;
- Vidljivost unutrašnjih i spoljašnjih površina;
- Ostave za odlaganje sitnica i stvari;
- Obezbeđenje povoljnog pristupa i prostora za obavljanje uobičajenih radnji na vozilu (točenje goriva, provera nivoa ulja, zamena sijalica, itd.).

Glavni izazov koji se postavlja pred inženjere čiji je zadatak da projektuju putnički prostor je da **omoguće komforan smeštaj većine ljudi i da pri tome ispune gore navedene zahteve**.

Početna faza u razvoju vozila

Tokom projektovanja i razvoja novog vozila, tim inženjera i istraživača pokušava da **predvidi buduće trendove po pitanju dizajna** (oblici, funkcije), **tehnologije** (materijali, elektronske komponente, proizvodni procesi), **ekonomije** (dostupnost i cena energije), **tržišta** (želje i očekivanja korisnika na različitim tržištima), **propisa** (bezbednost, ekonomičnost, izduvna emisija), **kapaciteta proizvodnje** (dostupnost i broj proizvodnih pogona i pogona za sklapanje vozila, opreme), povratnih informacija od strane korisnika (od prošlih modela i konkurencije), itd.

- **Tim definiše tip vozila, segmente tržišta i željene karakteristike vozila.**

Opis predloženog vozila se nalazi u odgovarajućem dokumentu (ponekad nazvan „**Predlog proizvoda**“) i kontinualno se unapređuje usled prikupljanja novih informacija od strane tima.

Tim koji se bavi **planiranjem proizvodnje** takođe sprema poslovni plan za predloženo vozilo. Koncepti vozila, informacije do kojih se dolazi istraživanjem tržišta i poslovni plan za predloženo vozilo se **prezentuju menadžmentu** kompanije, koji zatim **odlučuje da li će predloženi proizvodni koncept biti prihvaćen**.

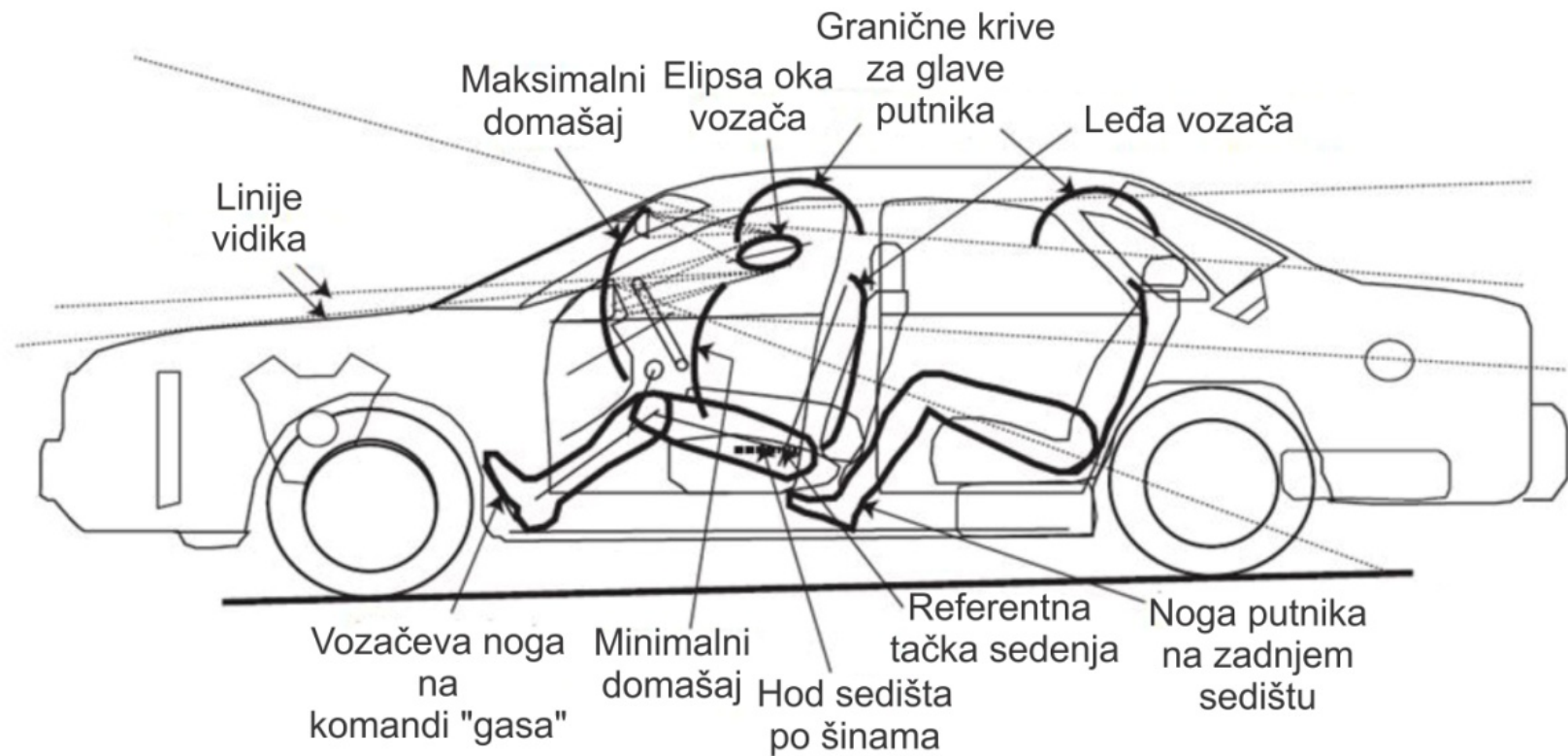
Razvoj odobrenog koncepta vozila

Veoma je važno da se odmah na početku razvoja utvrdi grupa korisnika kojoj je vozilo namenjeno, odnosno ko će kupovati i koristiti vozilo. **Karakteristike, sposobnosti, želje i potrebe korisnika se moraju razumeti.** Osoblje koje se bavi istraživanjem tržišta, inženjeri zaduženi za ergonomiju i dizajneri moraju imati što više informacija o ciljnoj grupi korisnika. Zatim se odlučuje **kom segmentu će pripasti vozilo** (npr. **luksuzan** mali auto sa četvoro vrata, **jeftin** auto sa dvoja vrata, **SUV** vozilo, itd.).

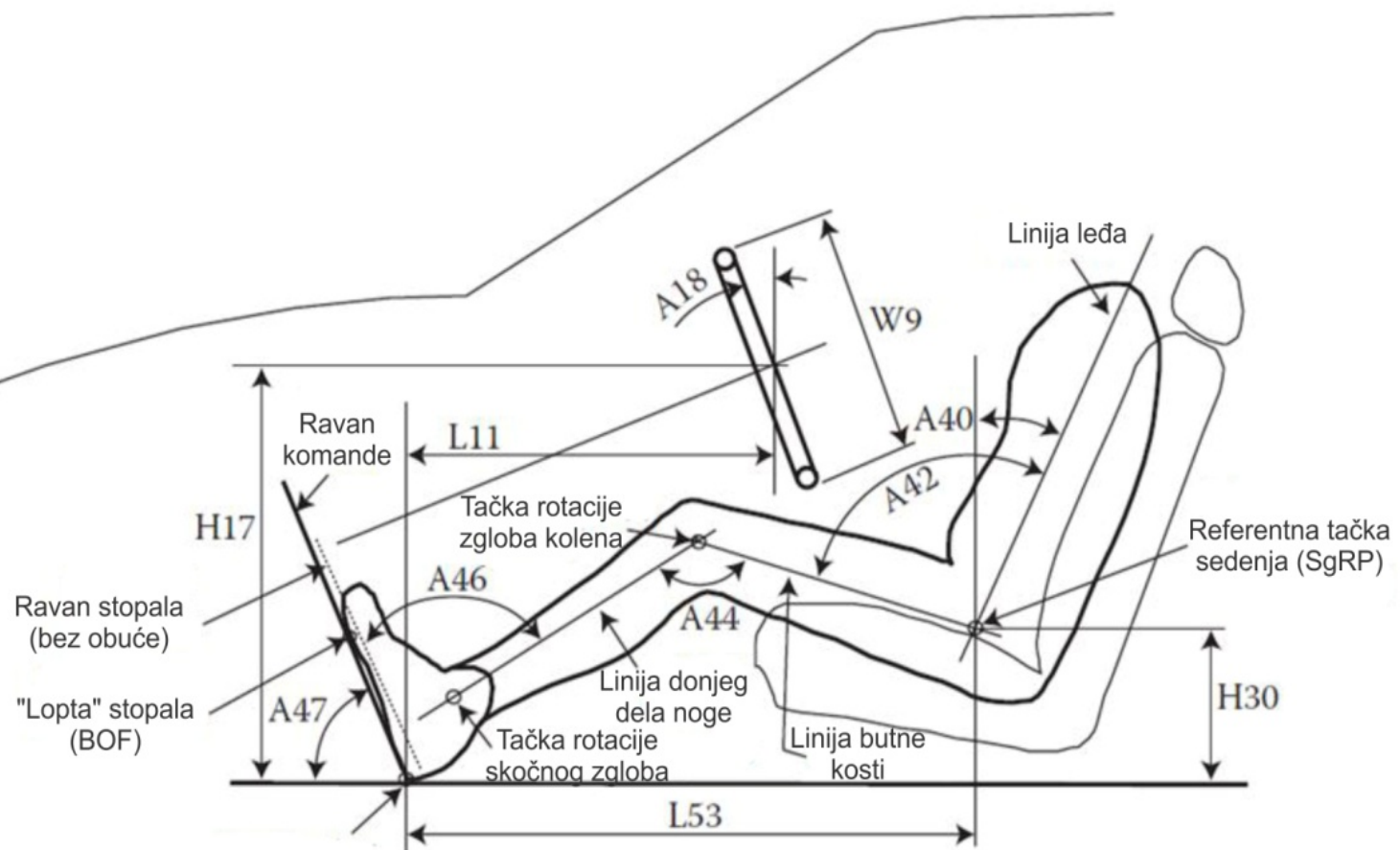
Uobičajena je pojava da **dizajn eksterijera ima presudan uticaj na razvoj putničkog prostora**. U ranoj fazi procesa razvoja sprovodi se mnogo analiza kako bi se utvrdilo da su ključni parametri vozila koji definišu **eksterijer (međuosovinsko rastojanje, širina traga točkova, ukupna dužina, širina i visina vozila, prepusti, itd.)** i **enterijer (visina sedišta, dužina i položaj šina za smeštaj sedišta, položaj točka upravljača i nožnih komandi, itd.)** simultano procenjeni od strane eksperata iz raznih disciplina koji su uključeni u projekatu.

Ključne oblasti koje povezuju eksterijer i enterijer vozila su **ulazak/izlazak** iz vozila, **vidno polje** i **otvori prozora** i one se usklađuju u veoma ranim fazama razvoja, jer su površine eksterijera i enterijera prikazane pomoću CAD modela.

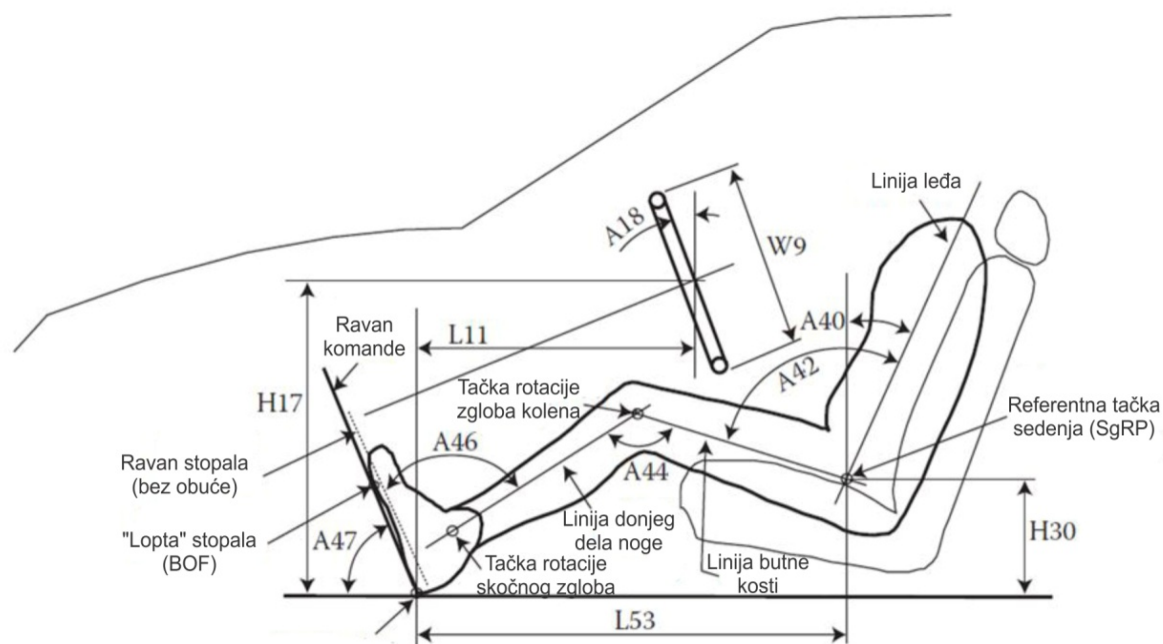
Definicije ključnih dimenzija vozila i referentnih tačaka



Referentne tačke i dimenzije enterijera:



1. Donja tačka komande „gasa“ (**AHP**) je tačka u kojoj petni deo vozače obuće ima dodir sa prekrivkom poda vozila, kada je vozačeva noga u kontaktu sa nepritisnutom komandom „gasa“. SAE standard J1100 definiše ovaj parametar kao tačku na obući vozača koja se nalazi u preseku petnog dela obuće i pokrivke poda na koju je oslonjena noga vozača (obuća) kada je oprema koja se koristi za simulaciju obuće i stopala vozača (opisan u standardu J826 ili J4002) pravilno pozicionirana - „kugla“ stopala (BOF) je u kontaktu sa osom simetrije nepritisnute komande gasa u bočnoj ravni, dok se donji kraj obuće zadržava u ravni komande „gasa“.



2. Ugao komande gasa (**A47**) je definisan kao ugao između ravni komande (bočni pogled) i horizontale izražen u stepenima. Ravan komande nije ravan same komande „gasa“ već je to ravan koja predstavlja dno anatomskog modela obuće definisanog u standardom SAE J4002. Ovaj ugao takođe može biti određen na osnovu matematičkih izraza definisanih standardom SAE J4004.

3. „Kugla“ stopala (BOF) je tačka na gornjem delu stopala koja je u kontaktu sa komandom „gasa“. Ova tačka se nalazi na 200 mm od donje tačke komande gasa (AHP), mereno duž ravni komande (standard SAE J4004).
4. Referentna tačka komande „gasa“ (PRP) se nalazi na osi simetrije komande u bočnoj ravni gde „kugla“ stopala ima kontakt sa komandom kada je obuća vozača pravilno postavljena. SAE standard J4004 definiše procedure za određivanje pozicije referentne tačke komande „gasa“ za zakrivljene i ravne komande gasa. Ako je ravan komande gasa prema standardima J826 i J1516, „kugla“ stopala (BOF) se može smatrati referentnom tačkom komande gasa (PRP).

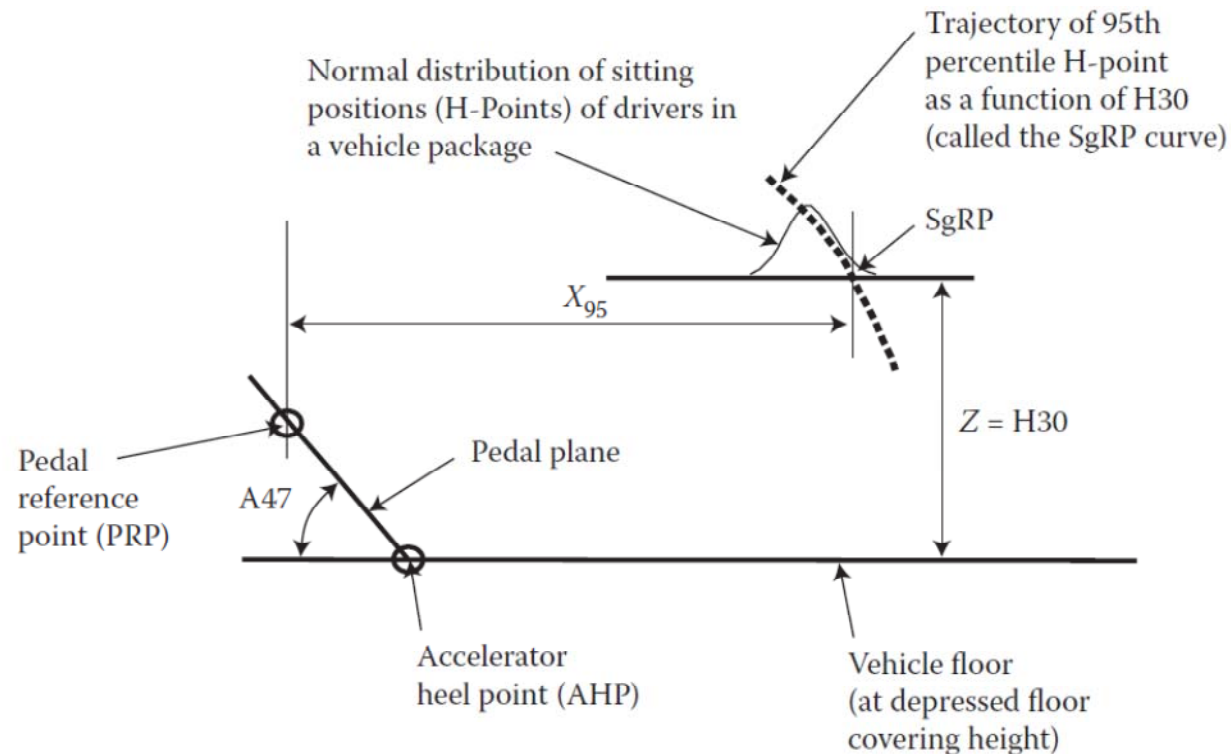


FIGURE 3.5 95th percentile H-point location curve for class A vehicles.

5. Referentna tačka sedenja (SgRP) predstavlja položaj karakteristične tačke kuka vozača (H-tačka), koja je označena od strane proizvođača vozila kao ključna referentna tačka na osnovu koje se definiše pozicija sedenja za svako predviđeno mesto za sedenje. Dakle, ova veličina se razlikuje u slučaju vozača, suvozača i putnika na zadnjoj klupi.

Referentna tačka sedenja se nalazi blizu krajnje tačke ili u krajnjoj tački hoda sedišta. SAE (standard J4004) preporučuje da referentna tačka sedenja bude postavljena na osnovu modela pozicije sedenja (kriva referentne tačke sedenja na osnovu definisanog položaja kuka vozača (H30)). Izraz za dobijanje krive referentne tačke sedenja definiše standard SAE J4004.

Referentna tačka sedenja je najvažnija i osnovna referentna tačka koja definiše položaj vozača. Ovaj parametar se utvrđuje u ranoj fazi razvoja vozila i ne bi trebao da se menja tokom daljeg razvoja.

Referentna tačka sedenja može biti određena u fizičkom prostoru (na postojećem vozilu) postavljanjem odgovarajućih uređaja definisanih SAE standardima J826 (HPM) i J4002 (HPD).

Postavljanjem ovih uređaja na odgovarajuće sedišta može se odrediti položaj referentne tačke sedenja ili verifikovati željeni položaj. Svaki od ovih uređaja ima masu od 76 kg koja je dobijena na osnovu odgovarajućih statističkih istraživanja.

MODELI - LUTKE

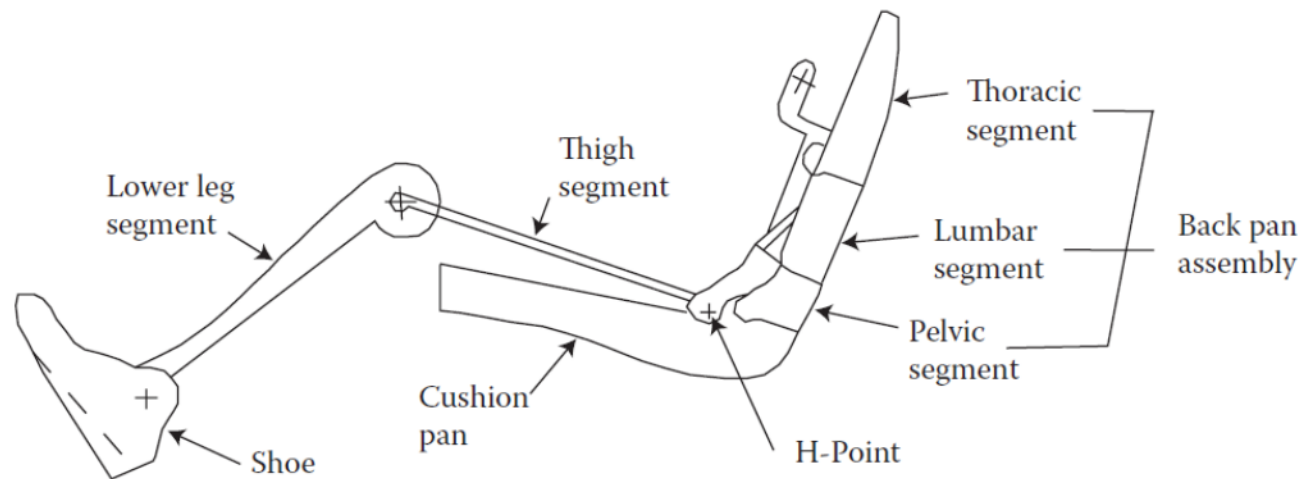


FIGURE 3.6 SAE H-point device. (Reproduced from the Society of Automotive Engineers Inc., *SAE Handbook*, Society of Automotive Engineers Inc., Warrendale, PA. 2009. With permission.)

6. Dužina šina za pomeranje sedišta se definiše kao **horizontalno rastojanje između najudaljenijih položaja karakteristične tačke kuka vozača (*H-tačka*) smeštenog u sedište.**

SAE standard J1517, koji nije više u upotrebi, je propisan na osnovu merenja stvarnog položaja vozača smeštenih u sedište sa različitim vrednostima parametra H30.

Izrazi za predviđanje položaja karakteristične tačke kuka vozača (*H-tačka*) se uglavnom koriste za određivanje dužine šina za pomeranje sedišta kako bi se omogućio **komforan smeštaj 95% vozača.**

Kriva dobijena na osnovu statističkih podataka, prikazana na slici 3.7, predstavlja krivu položaja referentne tačke sedenja za različite gabarite vozača.

Kriva dobijena na osnovu statističkih podataka, prikazana na slici 3.7, predstavlja **krivu položaja referentne tačke sedenja za različite gabarite vozača.**

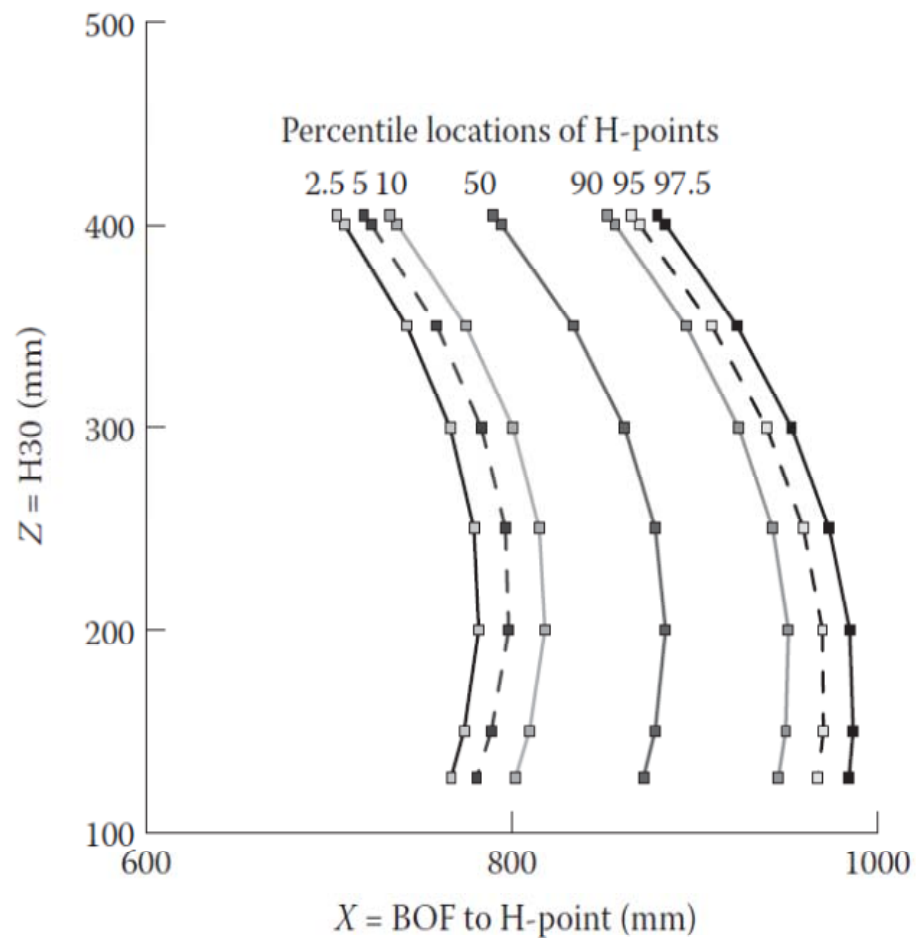


FIGURE 3.7 H-point location curves for 2.5 to 97.5 percentile H-points as functions of H30 for class A vehicles. (Drawn from equations provided in SAE standard J1517 in *SAE Handbook*, 2009.)

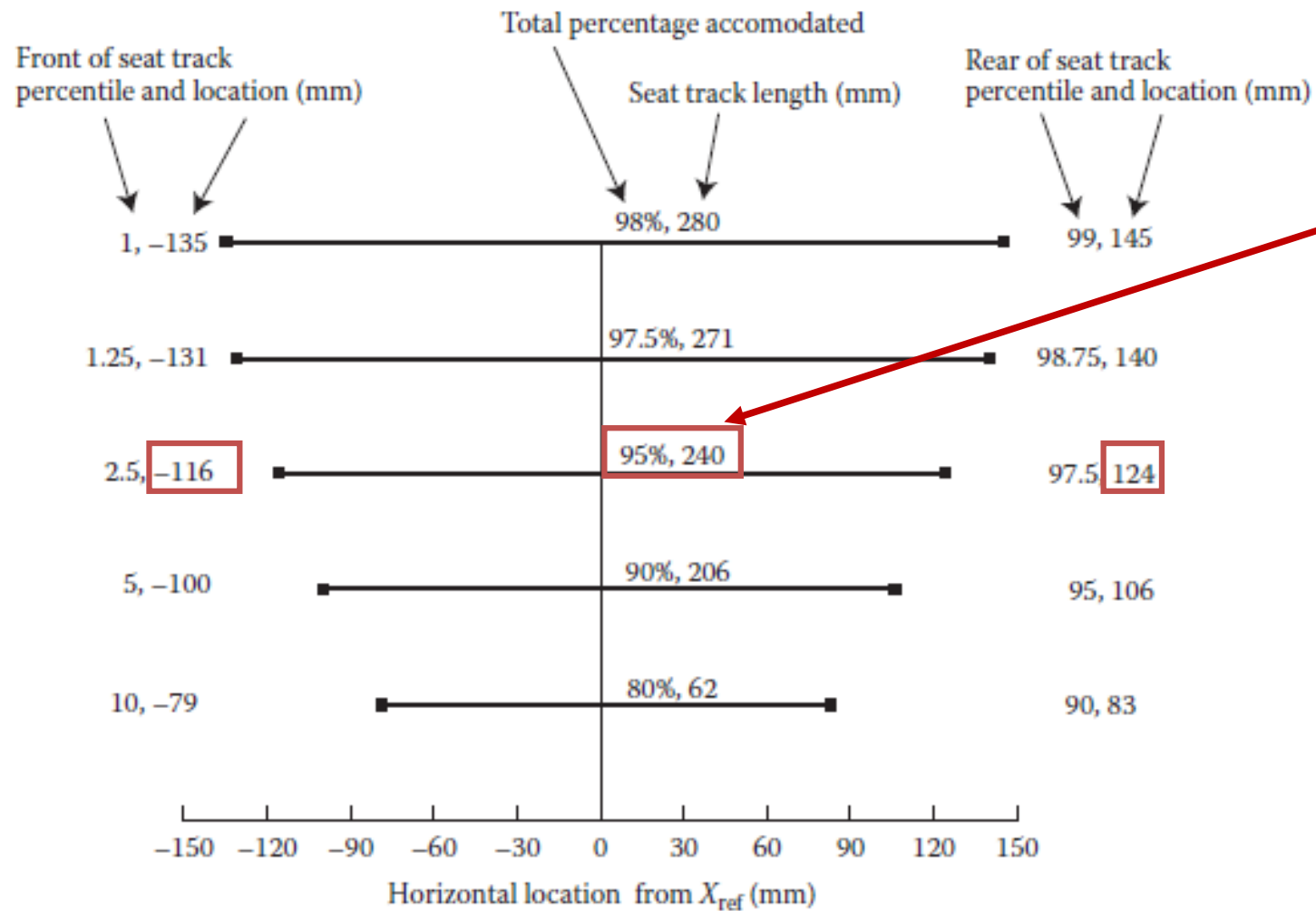


FIGURE 3.8 Recommended seat track lengths. (Drawn from data provided in SAE standard J4004 in *SAE Handbook*, 2009.)

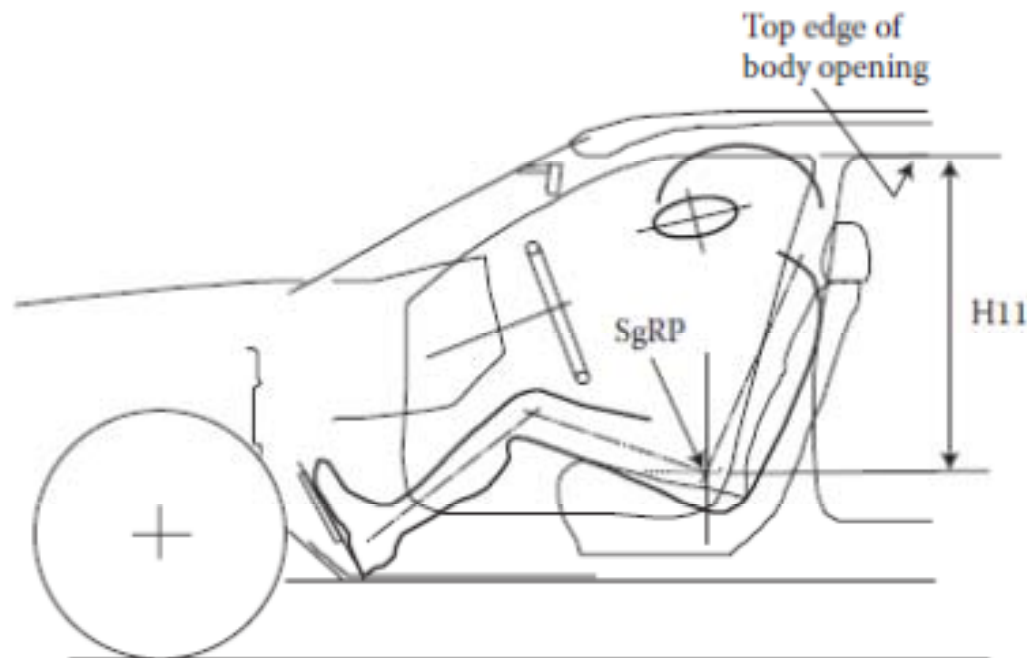
ILUSTRATIVNI PREGLED DIMENZIJA

INTERIOR DIMENSIONS

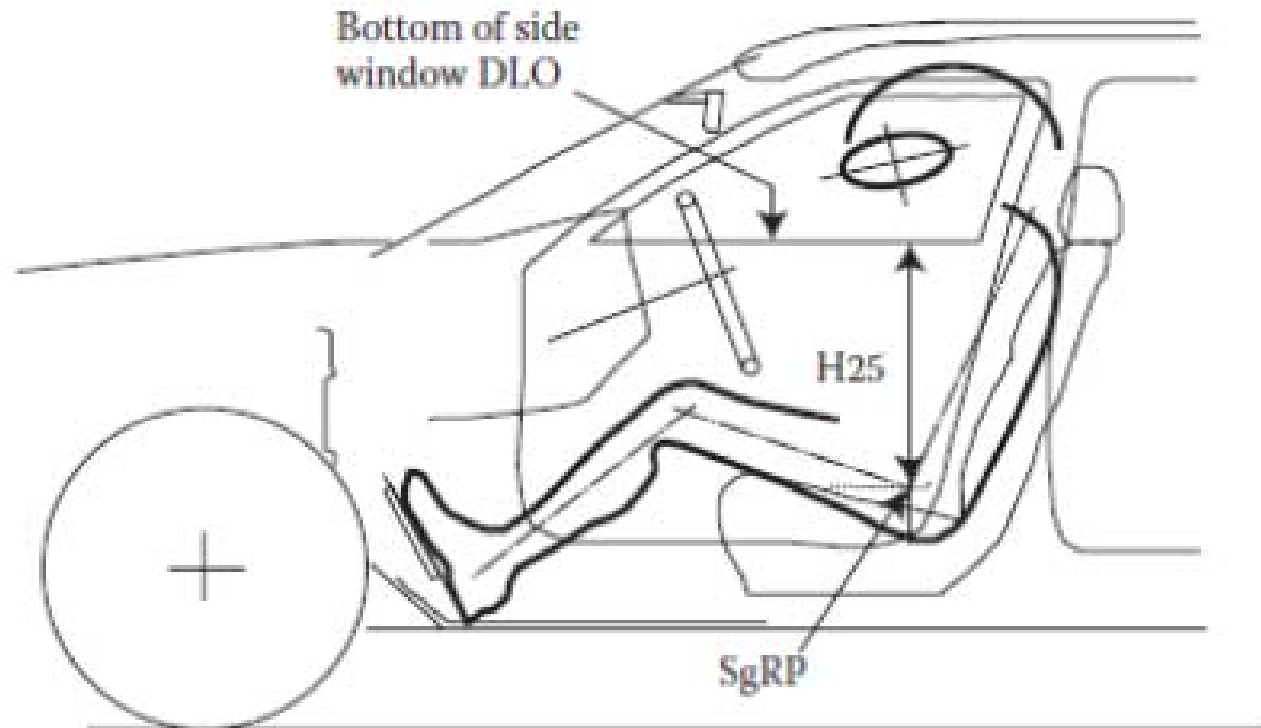
A number of interior package dimensions shown in Figure 3.3 are described in this section. The dimensions are defined using the nomenclature specified in SAE standard J1100.

1. AHP to SgRP location: The horizontal and the vertical distances between the AHP and the SgRP are defined as L53 and H30, respectively (see Figure 3.3).
2. Posture angles: The driver's posture is defined by the angles of the HPM or the HPD. The angles shown in Figure 3.3 are defined as follows:
 - a. Torso angle (A40). It is the angle between the torso line (also called the backline) and the vertical. It is also called the seat back angle or back angle.
 - b. Hip angle (A42). It is the angle between the thigh line and the torso line.
 - c. Knee angle (A44). It is the angle between the thigh line and the lower leg line. It is measured on the right leg (on the accelerator pedal).
 - d. Ankle angle (A46). It is the angle between the (lower) leg line and the bare-foot flesh line, measured on the right leg.
 - e. Pedal plane angle (A47). It is the angle between the accelerator pedal plane and the horizontal.

3. **Steering wheel:** The center of the steering is specified by locating its center by dimensions L11 and H17 in the side view. The steering wheel center is located on the top plane of the steering wheel rim (see Figure 3.3). The lateral distance between the center of the steering wheel and the vehicle centerline is defined as W7. The diameter of the steering wheel is defined as W9. The angle of the steering wheel plane with respect to the vertical is defined as A18 (see Figure 3.3).
4. **Entrance height (H11):** It is the vertical distance from the driver's SgRP to the upper trimmed body opening (see Figure 3.9). The trimmed body opening is defined as the vehicle body opening with all plastic trim (covering) components installed. This dimension is used to evaluate head clearance as the driver enters the vehicle and slides over the seat during entry and egress.

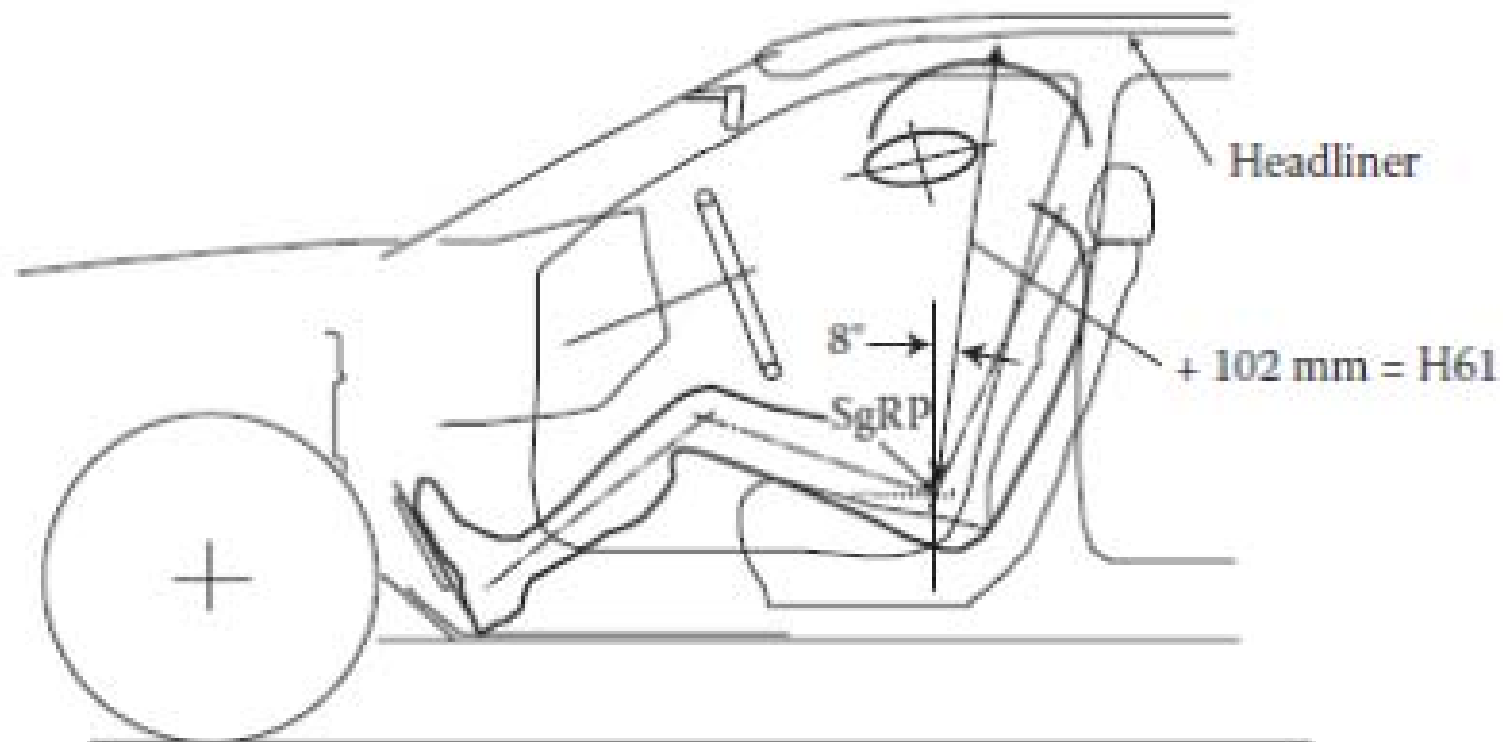


5. Belt height (H25): It is the vertical distance between the driver's SgRP and the bottom of the side window daylight opening at the SgRP X-plane (plane perpendicular to the longitudinal X-axis and passing through the SgRP; see Figure 3.10). The belt height is important to determine the driver's visibility to the sides. It is especially important in tall vehicles such as heavy trucks and buses to evaluate if the driver can see vehicles in the adjacent lanes, especially on the right-hand side. The belt height is also an important exterior styling characteristic (e.g., some luxury sedans have high belt height from the ground as compared with their overall vehicle height).



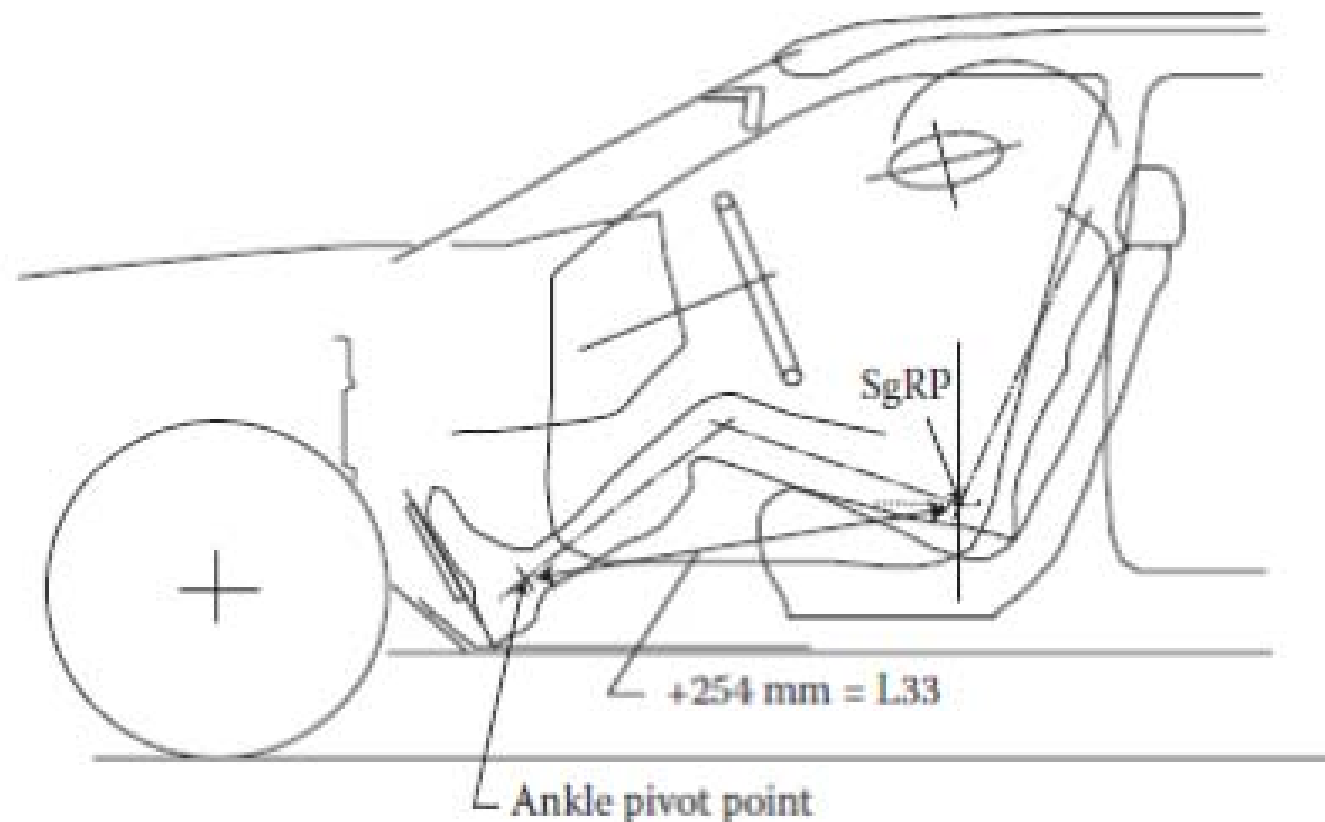
Belt height (H25).

6. Effective headroom (H61): It is the distance along a line 8 degrees rear of the vertical from the SgRP to the headlining, plus 102 mm (to account for SgRP to bottom of buttocks distance; see Figure 3.11). It is one of the commonly reported interior dimensions and is usually included in vehicle brochures and websites.



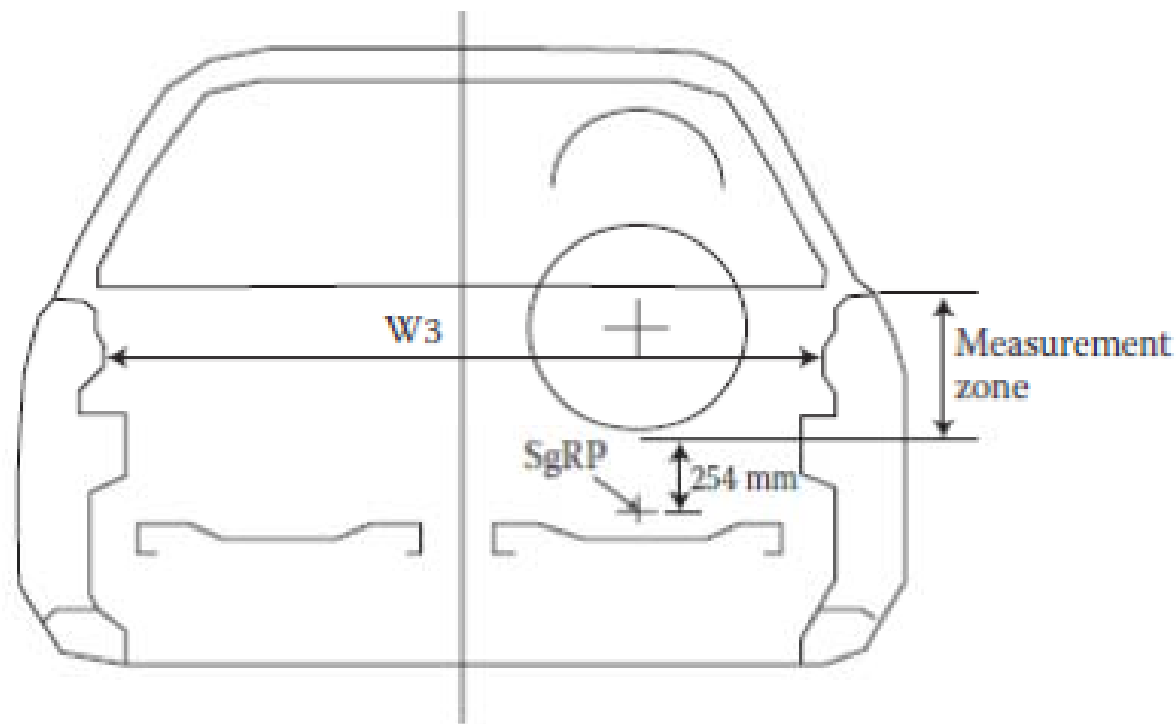
Effective head room (H61).

7. Leg room (L33): It is the maximum distance along a line from the ankle pivot center to the farthest H-point in the travel path, plus 254 mm (to account for the ankle point to accelerator pedal distance), measured with the right foot on the undepressed accelerator pedal (see Figure 3.12). It is also one of the commonly reported interior dimensions and is usually included in vehicle brochures and websites.



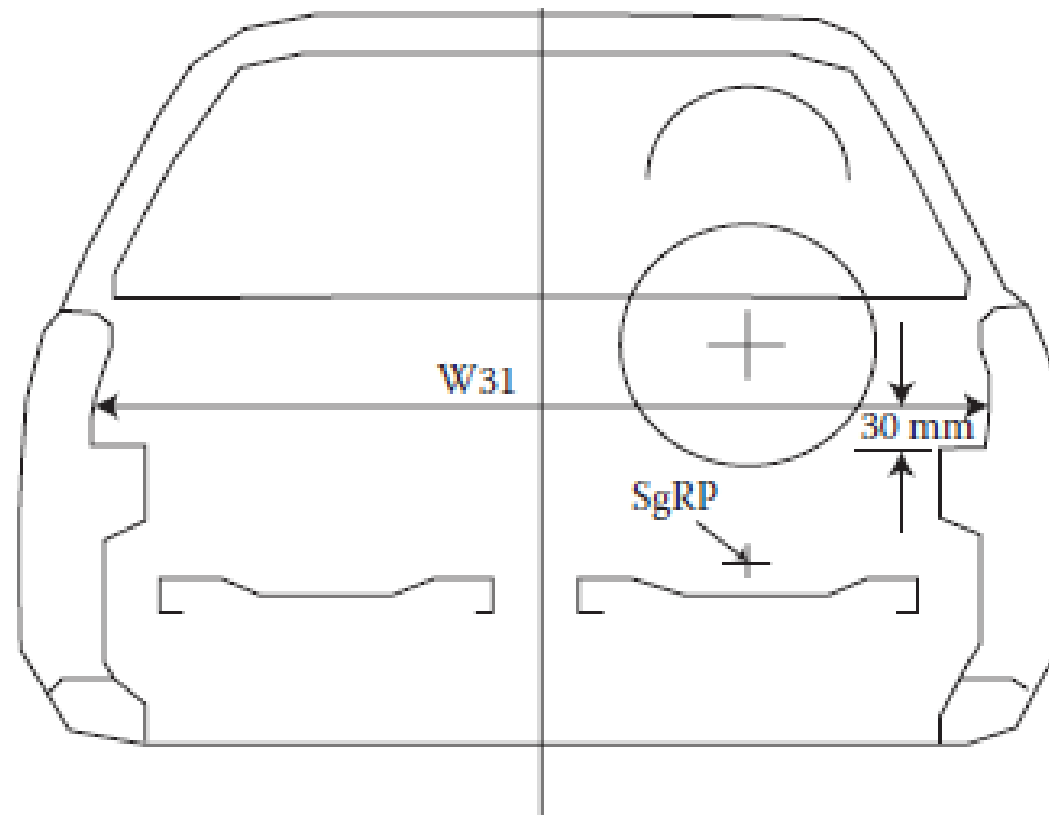
Leg room (L33).

8. Shoulder room (W3; minimum cross-car width at beltline zone): It is the minimum cross-car distance between the trimmed doors within the measurement zone. The measurement zone lies between the beltline and 254 mm above SgRP, in the X-plane through SgRP (see Figure 3.13. It shows a cross-sectional front view of the vehicle.) It is also one of the commonly reported interior dimensions and is usually included in vehicle brochures and websites.



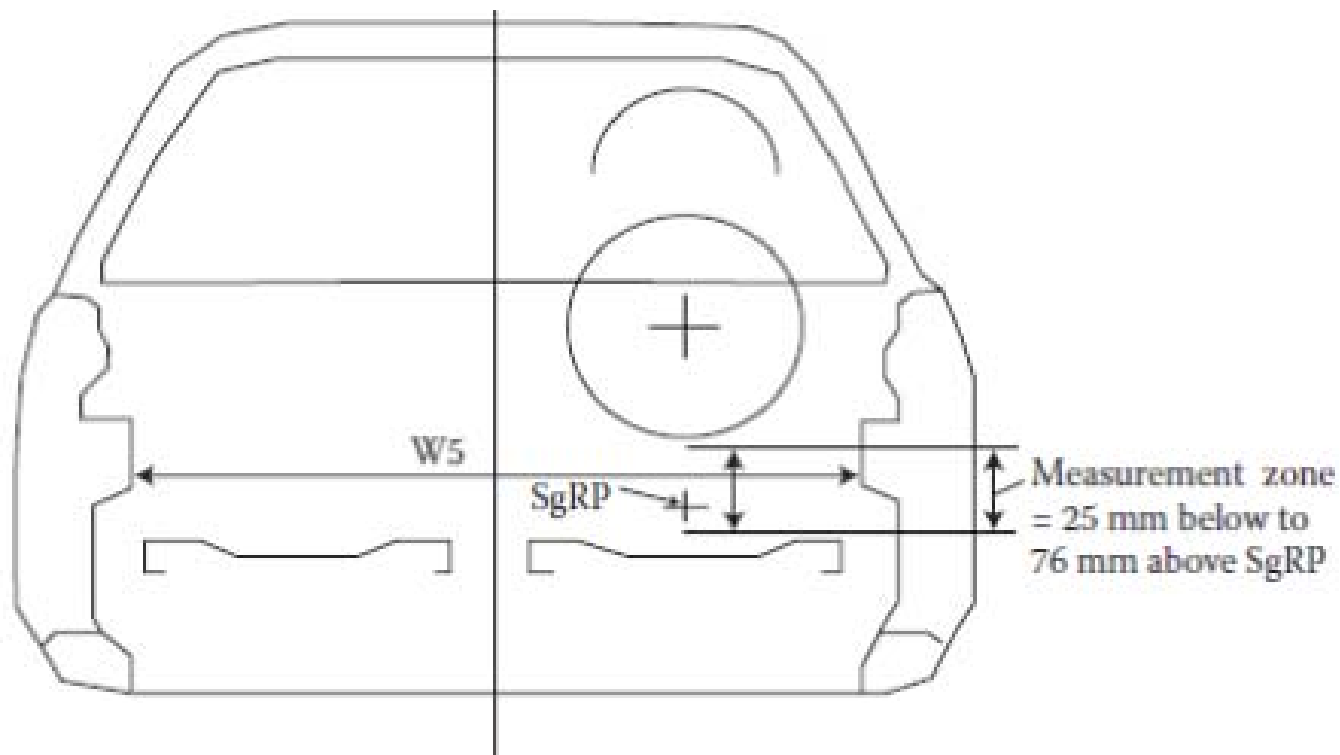
Shoulder room (W3).

9. Elbow room (W31; cross-car width at armrest): It is the cross-car distance between the trimmed doors, measured in the *X*-plane through the SgRP, at a height of 30 mm above the highest point on the flat surface of the armrest. If no armrest is provided, it is measured at 180 mm above the SgRP (see Figure 3.14).



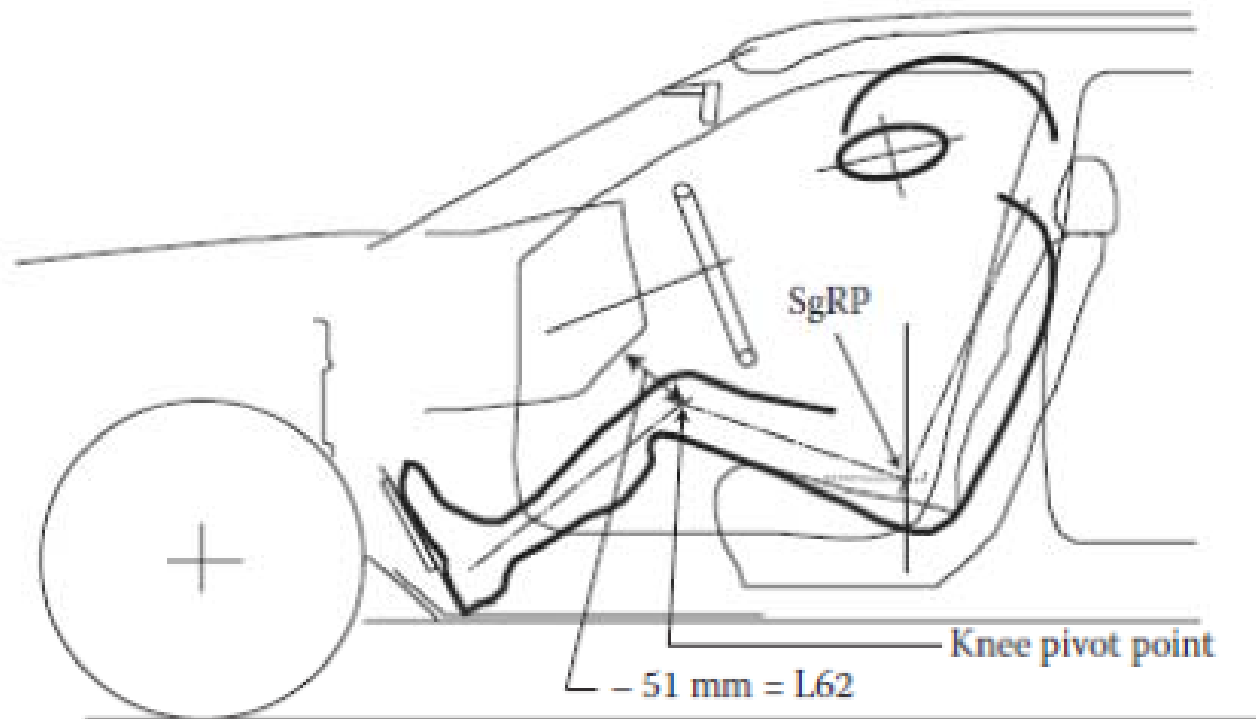
Elbow room (W31).

10. Hip room (W5; minimum cross-car width at SgRP zone): It is the minimum cross-car distance between the trimmed doors within the measurement zone. The measurement zone extends 25 mm below and 76 mm above SgRP, and 76 mm fore and aft of the SgRP (see Figure 3.15).



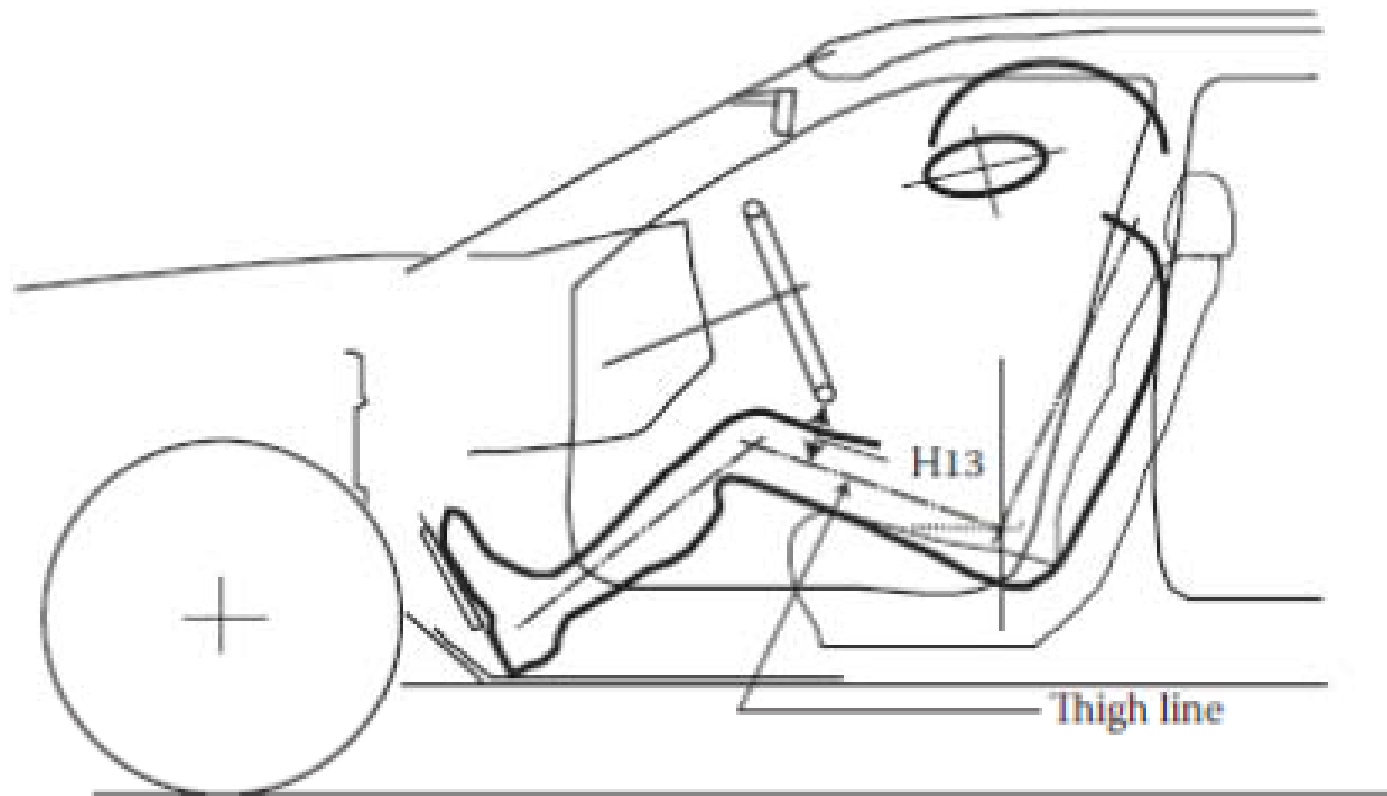
Hip room (W5).

11. Knee clearance (L62; minimum knee clearance—front): It is the minimum distance between the right leg K-point (knee pivot point) and the nearest interference, minus 51 mm (to account for the knee point to front of the knee distance) measured in the side view, on the same Y-plane as the K-point, with the heel of shoe at FRP (floor reference point; see Figure 3.16).



Knee clearance (L62).

12. Thigh Room (H13; steering wheel to thigh line): It is the minimum distance from the bottom of the steering wheel rim to the thigh line (see Figure 3.17).



Thigh room (H13).

Procedure za razvoj prostora za smeštaj vozača

Ove procedure se sastoje od osnovnih koraka koji se bave pozicioniranjem vozača i točka upravljača, određivanjem dužine šina za pomeranje sedišta, itd.

- Određivanje visine sedišta (H30)

Visina sedišta je obično izabrana od strane inženjera zaduženog za projektovanje putničkog prostora na osnovu tipa vozila koje se projektuje. Vrednost H30 je jedna od veličina pomoću kojih se, prema SAE standardima, vozila dele u klase A (putnička i laka teretna vozila) i B (srednja i teška teretna vozila).

Vrednost H30 za vozila klase A je u opsegu od 127 - 405 mm. Treba uzeti u obzir da manje vrednosti visine sedišta (H30) dozvoljavaju odabir manje visine krova vozila (mereno od poda vozila), ali zahtevaju više prostora u podužnom pravcu (dimenzije L53 i X₉₅) za smeštaj vozača, što je najčešće slučaj kod sportskih vozila. Takođe, veća vrednost visine sedišta (H30) potrebno je obezbediti veću visinu krova, pa je samim tim potrebno manje prostora u podužnom pravcu (dimenzije L53 i X₉₅) za smeštaj vozača.

Vrednost H30 za vozila klase B je uglavnom 350 mm ili više, tako da se manje prostora u podužnom pravcu koristi za smeštaj vozača, što omogućuje više mesta (u podužnom pravcu) za smeštaj tereta. Prvenstveno je potrebno odrediti vrednost X₉₅ (95% vozača će imati položaj karakteristične tačke kuka (H-tačka) ispred referentne tačke sedenja) na osnovu sledećeg izraza:

$$X_{95} = 913.7 + 0.672316z - 0.00195530z^2,$$

gde je $z = H30$ [mm].

- **Određivanje ugla komande „gasa“ (A47)**

Vrednost A47 [°] je prema standardu J1516 određena na osnovu sledećeg izraza:

$$A47 = 78.96 - 0.15z - 0.0173z^2,$$

gde je $z = H30$ [cm].

Prema standardu J4004, ugao komande „gasa“ je označen kao α :

$$\alpha = 77 - 0.08(H30),$$

gde je H30 dato u milimetrima.

- **Vertikalno rastojanje između BOF i AHP (H)**

$$H = 203 \cdot \sin(A47).$$

NAPOMENA: Treba uzeti u obzir da rastojanje između BOF i AHP prema standardu J1517 iznosi 203 mm, dok prema standardu J4004 iznosi 200 mm.

- **Horizontalno rastojanje između BOF i AHP (L)**

$$L = 203 \cdot \cos(A47).$$

- **Horizontalno rastojanje između AHP i SgRP (L53)**

$$L53 = X_{95} - L.$$

- Određivanje dužine šina za pomeranje sedišta (TL1)

Da bi se omogućio smeštaj 95 % vozača, krajnji položaji karakteristične tačke kuka vozača (H-tačka) u odnosu na BOF su definisani pomoću izraza:

$$\begin{aligned}X_{2.5} &= 687.1 + 0.895336z - 0.00210494z^2 \\X_{97.5} &= 936.6 + 0.613879z - 0.00186247z^2,\end{aligned}$$

gde je **$z = H30$ [mm].**

Horizontalno rastojanje između **najbliže** karakteristične H-tačke i SgRP:

$$TL23 = X_{95} - X_{2.5}$$

Horizontalno rastojanje između **najdalje** karakteristične H-tačke i SgRP:

$$TL2 = X_{97.5} - X_{95}$$

Ukupna dužina šina za pomeranje sedišta, koja **omogućava smeštaj 95 % vozača** je predstavljena veličinom TL1.

$$TL1 = TL23 + TL2 = X_{97.5} - X_{2.5}$$

- *Ugao naslona sedišta (A40)*

Kod sedišta sa pomerljivim naslonom, vozač može postaviti naslon u željeni/odgovarajući položaj. Ugao naslona sedišta je obično oko **18 - 22 °** kod većine **putničkih** vozila, dok je kod **kamioneta i SUV** vozila oko **15 - 18 °**.

Kod srednjih i teških teretnih vozila vozači sede uspravnije, odnosno ugao naslona sedišta je u opsegu od oko **10 - 15 °**.

- *Granične krive za određivanje prostora za glavu vozača (SAE J1052)*

Ove krive su razvijene da bi se odredio **prostor za glavu/kosu vozača sa gornje, prednje i bočne strane**. One su definisane kao elipsoidne površine sa definisanim dimenzijama u 3 ose. Dimenzije su prikazane na sledećoj slici kao HX, HY i HZ.

Kada je dužina šina za pomeranje sedišta veća od 133 mm, uzimaju se sledeće dimenzije:

HX = 246.04 mm; HY = 166.79 mm; HZ = 151 mm.

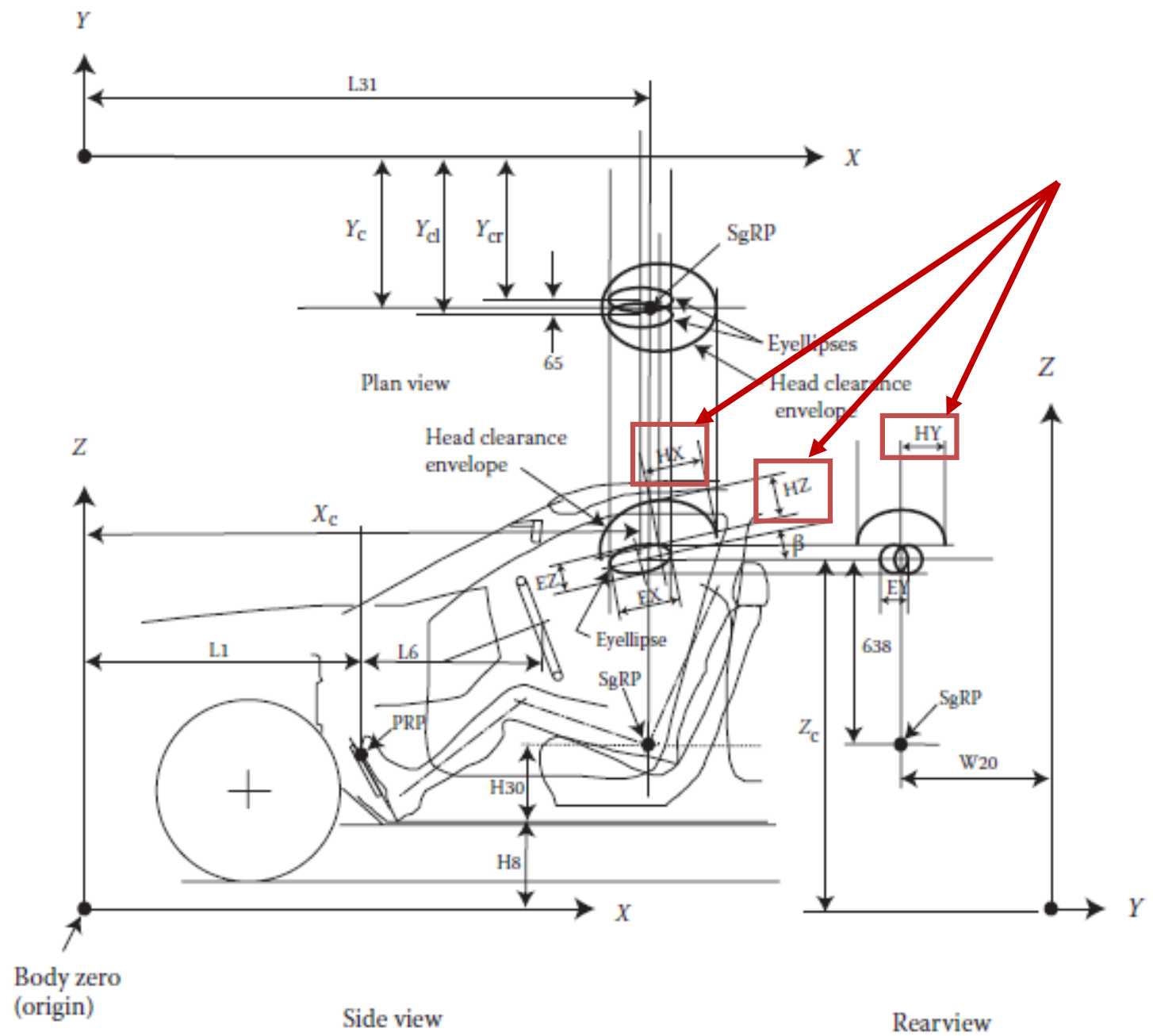


FIGURE 3.18 Location of eyellipses and head clearance envelope.

SAMOSTALNI ZADATAK – PROJEKAT

- 1. Definirati egnomsku geometriju vozača +++ putnika (uslovno);**
- 2. Odrediti osovinnska opterećenja i položaj težišta vozila spremnog za vožnju;**
- 3. Ugraditi priključni uređaj na vozilo (definirati geometriju ugradnje priključnog uređaja, masu prikolice i merodavna opterećenja u priključnom uređaju;**
- 4. Odrediti uticaj uključenja prikolice sa centralnom osovinom na raspodelu mase;**
- 5. Definirati inercijalni kočni sistem za prikolicu sa centralnom osovinom.**